

# Gründächer in Wien

Der positive Einfluss auf CO<sub>2</sub> Bindung und Regenwassermanagement  
von Dachbegrünungen auf Bestandsgebäuden



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



DIPLOMARBEIT

# GRÜNDÄCHER IN WIEN

DER POSITIVE EINFLUSS AUF CO<sub>2</sub> BINDUNG UND REGENWASSERMANAGEMENT  
VON DACHBEGRÜNUNGEN AUF BESTANDSGEBÄUDEN

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades  
eines Diplom-Ingenieurs / Diplom-Ingenieurin  
unter der Leitung

Univ.Prof.in Dr.in sc. Susann Ahn

E260-02

Forschungsbereich Landschaftsarchitektur und Landschaftsplanung

eingereicht an der Technischen Universität Wien  
Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

Daniel Wistrčil  
01327282

---

## 1.0 ABSTRACT

Die Welt ist in Bewegung, immer mehr Menschen drängen in die Stadt. Bis zum Jahr 2050 leben laut Schätzungen der Vereinten Nationen über zwei Drittel der Bevölkerung in Städten. Städte werden somit immer dichter und der Platz wird weniger. Der Klimawandel zwingt uns zum Umdenken und Handeln. Durch die zunehmende Urbanisierung wird der Ruf nach Wohnraum in den Städten immer größer, was letztlich dazu führt, dass es kaum noch unbebaute Flächen gibt. Besonders innerstädtische Frei- und Naturräume werden trotz ihrer Bedeutung für die Bewohner und das Stadtklima immer knapper. Doch es gibt kaum noch unbebaute Flächen.

Ist eine Nachverdichtung und Überbauung von Grünflächen die Lösung? Dies würde eine weitere Reduktion von lebenswichtigen Grünflächen zur Erholung der Menschen und als Schutz vor Überhitzung der Städte bedeuten. Durch die immer dichter werdende Stadt müssen Lösungen geschaffen werden, die ausreichend Grünflächen für Menschen, aber auch für Tiere und Pflanzen schaffen. Durch die beengten Platzverhältnisse in der Stadt bieten sich hier vor allem Dachflächen an.

Doch in welchem Ausmaß ist eine Adaption von bestehenden Dachflächen zu begrüntem Dachflächen überhaupt möglich? Und welche für die Stadtplanung kalkulierbaren Vorteile würde die Begrünung von Dachflächen für Stadtteile mit sich bringen?

Ziel dieser Arbeit ist es, das Potential und die positiven Effekte von Gründächern in den Städten zu untersuchen. Im Fokus der Arbeit stehen Bestandsgebäude im dicht bebauten Gründerzeitviertel Wiens. Zum einen werden anhand eines Untersuchungsgebiets im sechsten Wiener Gemeindebezirk verschiedene Möglichkeiten zur Entwicklung von Dachbegrünungen aufgezeigt und unterschiedliche Typen von Gründächern analysiert und verglichen. Zum anderen werden durch Case Studies gezielte Potentiale von Gründächern in Bezug auf eine Klimawandelanpassung identifiziert. Mit Hilfe von Kenngrößen diverser Studien werden die Potentiale der CO<sub>2</sub>-Bindung und des Regenwasserrückhalts genauer untersucht und rechnerisch ermittelt.

Die Ergebnisse der Potentialberechnungen und der Vergleich mit herangezogenen Kennwerten stellen dar, dass sich sowohl die CO<sub>2</sub>-Bindung als auch der Regenwasserrückhalt sehr positiv auf das Stadtviertel auswirken. Die unterschiedlichen Konzepte zeigen auch auf, dass für diverse Klimaszenarien verschiedene Planungsinstrumente zum Entgegenwirken ergriffen werden können.

The world is on the move, more and more people are crowding into the city. Cities are becoming denser and denser, space is becoming less and less. Climate change and the loss of species are also forcing us to rethink and act. Due to increasing urbanisation, the call for living space in cities is growing. But open spaces are essential for both the inhabitants of cities and for the climate there. Now there are hardly any undeveloped areas left.

Is redensification and building up of green spaces the solution? This causes a further reduction of green spaces which serve for the recreation of residents and protect the city from further overheating. As cities become increasingly dense, solutions must be found to create more green spaces for people, but also for animals and for the urban climate. Due to the limited space in the city, roof areas are especially suitable for this purpose.

The target of this work is to investigate the potential and the positive effects of green roofs in cities. The focus is on existing buildings in densely populated districts of Vienna. But to what extent is it possible to adapt existing roofs to green roofs? And which advantages are calculable for city planners in urban districts?

First of all, different possibilities for the development of green roofs are shown on basis of a study area in the sixth district of Vienna. Also different types of green roofs are analysed and compared. On the other hand, case studies are used to identify the potentials of green roofs with regard to climate change. On basis of parameters from various studies, the potential for CO<sub>2</sub> bonding and rainwater retention will be examined in detailed calculations.

The results of the potential calculations and the comparison with characteristic values show that both the CO<sub>2</sub> binding and the rainwater retention have a positive effect on the urban district. The different concepts also show that different planning instruments can be used to counteract various climate scenarios.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



Aus Gründen der Lesbarkeit wurde in dieser Arbeit darauf verzichtet, geschlechtsspezifische Formulierungen zu verwenden. Es wird jedoch ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die bei Personen verwendete Form als Anrede für alle Geschlechter zu verstehen ist.

*... an Univ.Prof.in Dr.in sc. Susann Ahn für die Betreuung meiner Arbeit.*

*... an Nina-Maria für die ständige Motivation, die Hilfsbereitschaft und die Geduld!*

*... an meine Freunde, Familie, Studien- und ArbeitskollegInnen, die mich während meiner Zeit im Studium begleitet haben.*

*... an alle, die mir beim Schreiben meiner Arbeit weitergeholfen haben.*

---

## 1.1 INHALTSVERZEICHNIS

<i>Teil 1</i>	<i>Einleitung</i>	1.0	Einleitung Forschungsfrage Methodik	S. 10
<i>Teil 2</i>	<i>Kontext</i>	2.0	Die Stadt	S. 12
		2.1	Urbanisierung	S. 14
		2.1.2	Urbanisierung Wien	S. 20
		2.2	Flächenverbrauch	S. 28
		2.2.2	Flächenverbrauch Österreich	S. 34
		2.3	Klima	S. 42
<i>Teil 3</i>	<i>Grundlagen</i>	3.0	Arten der Dachbegrünung	S. 50
		3.1	Grundlagen für Dachbegrünung	S. 52
		3.2	Gründach - Analyse Wien	S. 66
		3.3	Gründach - Potential Österreich	S. 70
		3.3.2	Gründach - Potential Wien	S. 74
		3.4	Gründach - Vorschriften Wien	S. 82
		3.5	Gründach - Förderung Wien	S. 84
		3.6	Gründach - Fazit	S. 86
		3.7	Vorteile des Gründach	S. 88
		3.8	Gründachtypen	S. 98
		3.9	Gründach Bepflanzungen	S.108
<i>Teil 4</i>	<i>Analyse</i>	4.0	Auswahl Analysegebiet	S.112
	<i>Konzept</i>	4.1	Untersuchung Analysegebiet	S.118
	<i>Potentialberechnung</i>	4.2	Maßnahmenkatalog	S.128
		4.3	Referenzgrößen	S.144
		4.4	Konzept	S.150
<i>Teil 5</i>	<i>Fazit</i>	5.0	Fazit	S.164
<i>Teil 6</i>	<i>Anhang</i>	6.0	Verzeichnisse	S.168

---

## 1.0

## EINLEITUNG

Die Problemstellungen, welchen sich diese Arbeit widmet, werden im Kapitel Kontext genauer erläutert. Da die Menschen weiter in die Städte drängen werden diese immer dichter und der Platz wird weniger. Bis 2050 leben laut Vereinten Nationen zwei Drittel der Menschen in Städten. Dadurch wird auch der Ruf nach Wohnraum größer und eine weitere Verdichtung der Städte ist notwendig. Dringend notwendige Frei- und Grünflächen gehen verloren. Es steigt der Grad der Flächenversiegelung. Trotz alledem sind Städte der effizienteste Wohnraum.

Eine der Schlussfolgerungen daraus ist, dass die Versiegelung pro Kopf in Städten erheblich geringer ist als in ländlichen Gebieten. Allerdings ist der Versiegelungsgrad aufgrund der dichten Besiedelung der Städte extrem hoch. Durch die Nachverdichtung, als auch durch ein Wachstum ins Stadtumland werden weitere Flächen wie Parks, Waldgebiete oder landwirtschaftlich genutzte Gebiete versiegelt. Dies hat wiederum wie im Kapitel Klima ersichtlich Auswirkungen auf das Stadtklima und verstärkt die Merkmale des Klimawandels.

Ziel der Stadtplaner, Architekten und Landschaftsplaner muss es also sein, trotz wachsender Städte und weiterem Bodenverbrauch, die Versiegelung der Flächen zu stoppen oder versiegelte Flächen zu renaturieren oder zu entsiegeln.

Ein Ansatz dafür ist die doppelte Innenentwicklung. Einerseits sollen dabei Stadtgebiete weiter verdichtet werden, anstelle weitere unbebaute Gebiete zu versiegeln. Gleichzeitig sollen aber auch in den Städten die natürlichen Qualitäten verbessert werden.<sup>1</sup> Dazu können bestehende Freiflächen weiterentwickelt werden und Brachflächen oder versiegelte Flächen in Grünräume umfunktionsiert werden. Aber auch Bauwerksbegrünungen sind ein guter Ansatz für eine Renaturierung der Stadt. Diese können beispielsweise als Fassadenbegrünungen oder als Dachbegrünungen ausgeführt werden.

Die Zielsetzung dieser Arbeit ist es das Potential von Gründächern in Gründerzeitgebieten der Stadt Wien zu ermitteln. Dabei stellen sich folgende Fragen.

#### Forschungsfrage

In welchem Ausmaß ist eine Adaption von bestehenden Dachflächen zu Gründächern möglich? Welche Berechenbaren Vorteile bieten Gründächer für der Stadtplanung und dem Stadtgebiet?

#### Methodik

Dieser Fragestellung wird zu allererst durch einer Literaturrecherche und Dokumentenanalyse nachgegangen. Dies erfolgt einerseits über eine Analyse bestehender Auswertungen von Flächen zu Stadtgebieten und Dachflächen. Andererseits durch eine Recherche zu bereits durchgeführten Forschungen zu Dachbegrünungen um Kennwerte für die Berechnungen festlegen zu können.

Des weiteren wird anhand eines gewählten Analysegebietes im sechsten Wiener Gemeindebezirk eine Aufstellung der Dachflächen generiert. Diese dient zur Erstellung eines Umbaukonzept für die Potentialflächen.

Im Anschluss werden die möglichen Vorteile, spezifischer die CO<sup>2</sup>-Bindung und der Wasserrückhalt, für die jeweiligen Konzepte mit Hilfe der bereits ermittelten Kennwerte berechnet.

---

## 2.0

## DIE STADT

*„Immer mehr Menschen leben weltweit in Städten und machen sie zu den wichtigsten Lebensräumen der Zukunft. Städte sind mehr als Orte – sie sind hyperkomplexe, dynamische Systeme, wichtige Problemlöser globaler Herausforderungen, kreative Zentren der pluralistischen Gesellschaft, Knotenpunkte der globalisierten Wirtschaft und zunehmend auch mächtige politische Akteure.“<sup>2</sup>*

In Europa wohnen derzeit rund 75% der Bevölkerung in Städten, in Nord- und Lateinamerika sind es bereits über 80%, aber auch in anderen Regionen können ein zunehmendes Stadtwachstum verzeichnen, wie man aus der Studie „World Urbanization Prospects der Vereinten Nationen aus dem Jahr 2018 ablesen kann. Auch wenn in manchen Regionen die Bevölkerungszahlen zurückgehen, steigt die Einwohnerzahl der meisten Großstädte weiter an.<sup>3</sup>

Auch in Wien erhöht sich die Einwohnerzahl seit 1988 kontinuierlich. Nach einem Bevölkerungsrückgang rund um die beiden Weltkriege und einer darauffolgenden Stagnation der Einwohnerzahlen lag diese 1988 bei rund 1,48 Millionen. Um die Jahrtausendwende lag die Zahl bei etwa 1,55 Millionen. Seit dato erlebt Wien einen besonders starken Anstieg. Bis 2018 stieg die Zahl der Bewohner auf zirka 1,89 Millionen an. Die aktuellste Prognose, aus dem Jahr 2018, sagt die Überschreitung der 2 Millionen Einwohner für 2030 voraus. Durch diverse Flüchtlingsbewegungen, zum Beispiel 2015 bis 2016 und der aktuellen, wird zur Zeit allerdings auch das übersteigen dieser Prognose erwartet.<sup>4</sup>

Die mit dem Bevölkerungswachstum einhergehende Nachfrage nach Wohnraum, führt auch zu einigen Herausforderungen.

Im Zuge der Schaffung von neuem Wohnraum werden viele Grünflächen und Freiflächen versiegelt. Dies passiert ebenso durch den Bau von Gewerbegebieten und Verkehrsflächen.

In den Jahren 2018 bis 2020 wurden im Mittelwert pro Jahr zirka 42km<sup>2</sup> Boden in Anspruch genommen, was in etwa die Fläche von Eisenstadt ist, einer Stadt mit fast 16.000 Einwohnern und der größten Stadt Burgenlands. Der größte Teil davon durch Wohn- und Geschäftsgebiete, Betriebsflächen und Straßen.<sup>4</sup>

Allerdings hat ein dicht bebautes Stadtgebiet auch Vorteile gegenüber anderen Siedlungsformen. Eine kompakte Stadt ist sowohl aus Sicht der Ökonomie als auch aus Sicht der Nachhaltigkeit sinnvoll. Die Stadt ermöglicht kurze Wege, verfügt über ein effizientes Verkehrsnetz und einer guten Nahversorgung. Somit ist die Versiegelung des Boden pro Person deutlich geringer als beispielsweise in Dörfern am Land.<sup>5</sup>

2 Zukunftsinstitut, 2022  
3 United Nations, 2019, 6.  
4 Umweltbundesamt, 2022

4 Umweltbundesamt, 2022  
5 Stadtteilplanung und Flächenwidmung, 2022, 1.

## 2.1

## URBANISIERUNG

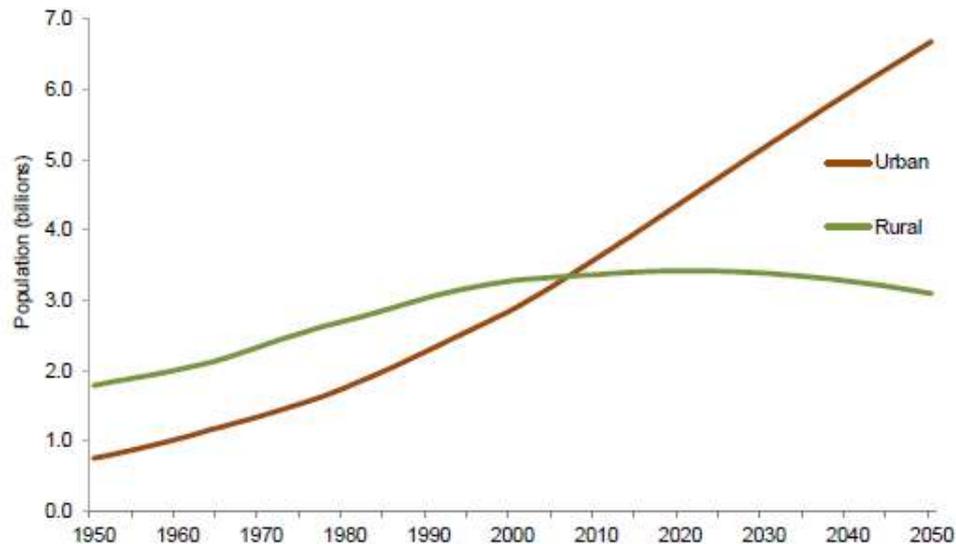


Abb.1: Weltbevölkerung von 1950 bis 2050

### Weltweite Perspektiven der Urbanisierung

Heute wohnen mehr Menschen in urbanen städtischen als in ländlichen Gebieten.<sup>6</sup>

1950 lebten nur 30% der Weltbevölkerung in urbanen Räumen, das waren etwa 0,75 Milliarden Menschen. Die Bevölkerungszahl betrug damals rund 2,52 Milliarden.<sup>6</sup>

Der Zahl der in der Stadt lebenden Bevölkerung stieg bis 2018 auf 55%, etwa 4,2 Milliarden Menschen.<sup>6</sup>

Laut den Prognosen der Vereinten Nationen (UN) wird erwartet, dass bis zum Jahr 2030 rund 60% der Weltbevölkerung in den Städten leben. Bis 2050 soll dieser Wert sogar auf etwa 68% ansteigen, was bedeutet, dass über zwei Drittel der Bevölkerung in den Städten leben wird.<sup>6</sup>

Die Weltbevölkerung hat einen rasanten Prozess der Urbanisierung durchlaufen, welcher auch in Zukunft andauern wird.

In der Literatur lassen sich unterschiedliche Definitionen von Urbanisierung finden. Eine Schwierigkeit bei Definitionen zur Urbanisierung ist auch die Auslegung von Grenzen. Wo sollen Grenzen eines Urbanen Territoriums gezogen werden und wie viele Menschen müssen innerhalb dieser Grenzen leben um es als urbanes Gebiet einzuordnen.

Einer der ersten Mitwirkenden dieser Debatten war Kingsley Davis. Er schlug in einer Veröffentlichung im Jahr 1955 als primäre Definition eine Stadt als Ort mit einer Bevölkerung von 100.000 oder mehr Einwohnern, als sekundäre Bevölkerungsschwelle legte er 20.000 Einwohner fest und sagte der menschlichen Spezies in Zukunft eine fast ausschließlich städtische Existenz voraus.<sup>5</sup>

Eine Begründung für seine Einstufungen lieferte er allerdings keine.<sup>7</sup>

Aufgrund der ständigen Veränderung der Grenzen von Städten und Siedlungsformen und auch der unterschiedlichen Bevölkerungsströme, gibt es auch Definitionen welche anders ausgelegt sind.

Louis Wirth definierte beispielsweise die Urbanität als Lebensform, er will eine soziologisch signifikante Definition der Stadt. Er bezieht sich in seiner Definition auf die besondere Lebensweise der Stadtbevölkerung. Als Voraussetzung betont er allerdings auch die Größe, Dichte und Heterogenität der Stadtbevölkerung.<sup>8</sup>

Neben dem funktionalen Ansatz und dem soziologischen Ansatz gibt es weitere Definitionen welche immer noch für Diskussionen sorgen.

Merkmale der Urbanisierung sind beispielsweise niedrigere Geburtenzahlen, ein späteres Heiratsalter oder ein höherer Anteil an nicht-ehelichen Lebensgemeinschaften.<sup>8</sup>

Vor allem die niedrigeren Geburtenzahlen in städtischen Gebieten sind im Hinblick auf weiter wachsende Städte interessant. Das Wachstum der Stadt muss sich also vorwiegend aus einer erhöhten Migrationsrate generieren. Sowohl aus dem Umland der Stadt als auch aus anderen Ländern.

Im Unterschied zu Begriff Urbanisierung, welcher qualitative Faktoren wie städtische Lebensformen beschreibt, definiert der Begriff Verstädterung quantifizierbare Faktoren wie Stadtbevölkerung oder Flächenwachstum.<sup>9</sup>

6 United Nations, 2019a, xix.

7 Brenner/Schmid, 2014, 5.

8 Brenner/Schmid, 2014, 5.

8 Stadtplanung Wien, 1992, 7-9.

9 Geohilfe, 2022

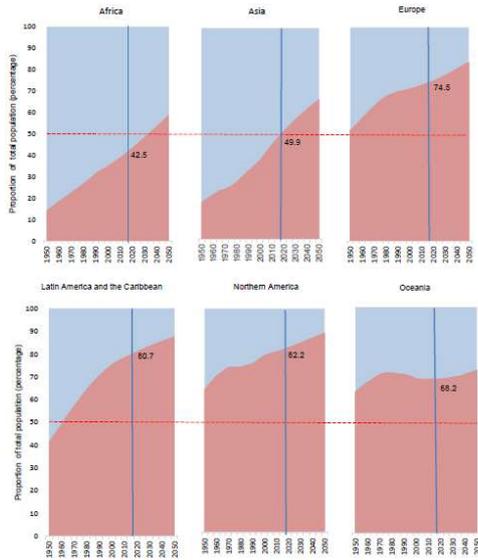


Abb.2: Urbanisierungsgrad nach Regionen

In den kommenden Jahrzehnten wird der Urbanisierungsgrad voraussichtlich in allen Regionen der Erde zu nehmen. Allerdings in einigen Regionen beträchtlich stärker steigen als in anderen.<sup>3</sup>

Der Urbanisierungsgrad zeigt an, wie viele Menschen in urbanen Räumen leben.

Wie im World Urbanization Prospect 2018 ersichtlich, leben in Europa zur Zeit etwa drei Viertel der Menschen in Städten. Bis 2040 werden es rund 80 Prozent sein und bis 2050 in etwa 85 Prozent.<sup>3</sup>

Wie in Abb.2 ersichtlich, wird auch Europa in Zukunft noch mit verstärkten Urbanisierungsprozessen rechnen müssen.

<sup>3</sup> United Nations, 2019, 6.

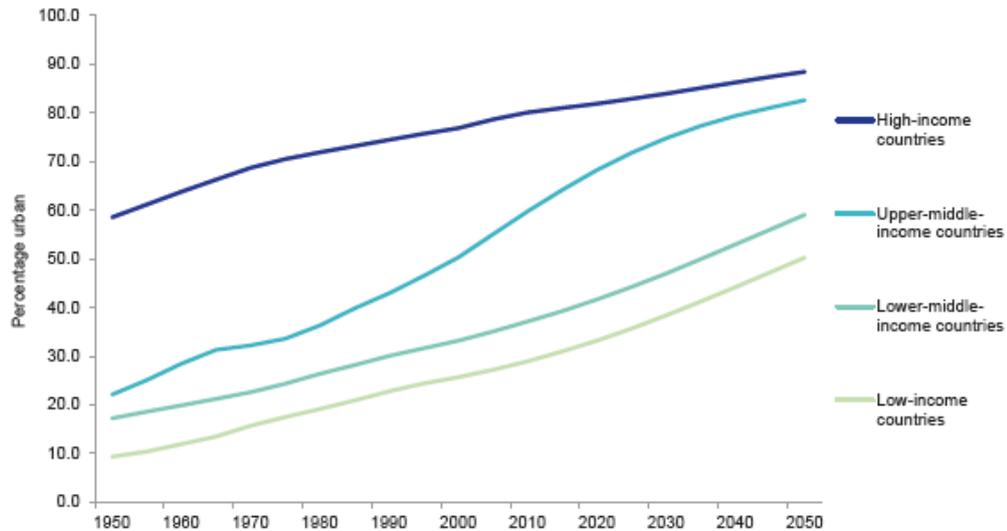


Abb.3: Urbanisierungsgrad nach Wohlstand

In den Statistiken ist sehr gut ersichtlich, dass der Urbanisierungsgrad stark vom Einkommen der Bevölkerung abhängt. In Gebieten wie Europa, Nordamerika oder Ozeanien, ist sowohl der Wohlstand als auch der Urbanisierungsgrad sehr hoch.

In China, Brasilien, Mexiko oder dem Iran steigt sowohl das Vermögen der Bevölkerung als auch der Urbanisierungsgrad sehr stark an. Auf der anderen Seite sieht man in ärmeren Ländern einen sehr niedrigen Urbanisierungsgrad. Beispielsweise in Ländern wie Äthiopien, Indonesien oder Indien.<sup>3</sup>

Im Jahr 2018 gab es lediglich vierzehn Gebiete mit einem Urbanisierungsgrad unter 20 Prozent. Die größten dieser Länder, mit über 10 Millionen Einwohnern, sind etwa Burundi, Malawi, Niger, Ruanda und Südsudan in Afrika. Beziehungsweise Nepal, Sri Lanka in Asien und Papua Neuguinea in Ozeanien.<sup>3</sup>

In Ländern mit solch niedrigen Urbanisierungsgrad wird vorhergesagt, dass dieser bis zum Jahr 2050 signifikant steigt oder sich sogar verdoppelt.<sup>3</sup>

Im Vergleich dazu gab es 2018 65 Länder, mit über 10 Millionen Einwohnern, in denen der Urbanisierungsgrad über 80 Prozent lag. Die am stärksten urbanisierten Länder sind Belgien (98 Prozent), die Niederlande, Japan und Argentinien (mit 92 Prozent). Bis 2050 wird die Anzahl dieser Länder auf über 101 anwachsen.<sup>3</sup>

Den größten Unterschied im Urbanisierungsgrad zwischen einzelnen Ländern findet man in Afrika und Asien. Wichtig bei diesem Vergleich ist die jeweilige Vergleichbarkeit, da die Urbanisierung oft sehr unterschiedlich definiert wird.<sup>3</sup>

Die meisten Ballungsgebiete, auch Megacities genannt, mit über zehn Millionen Einwohnern, nämlich 20, liegen in Asien. Gefolgt von Lateinamerika und der Karibik mit zusammen sechs Megacities.<sup>3</sup>

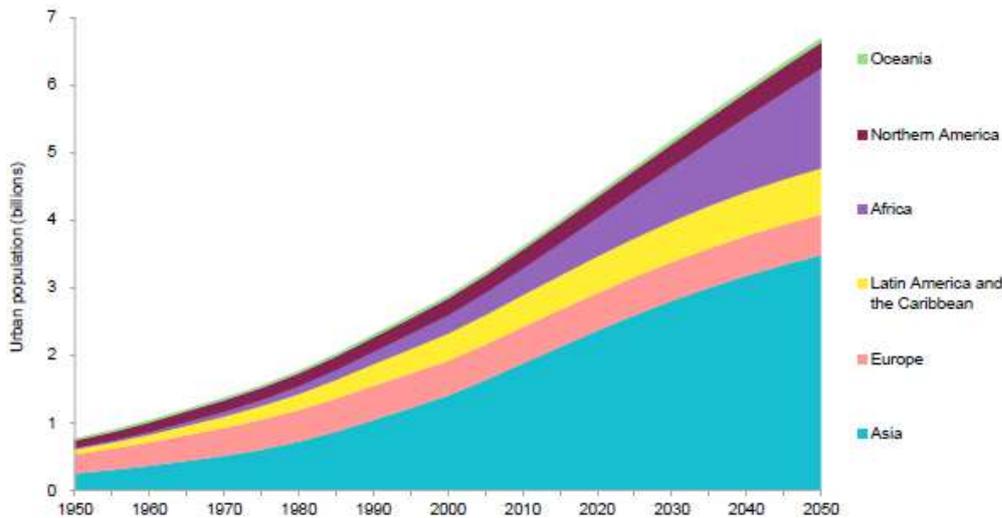


Abb.4: Anzahl der in Städte lebenden Menschen in Milliarden

Die starke Urbanisierung und das anhaltende Wachstum der Bevölkerung werden dazu führen, dass die in Städten lebende Bevölkerung bis 2050 um 2,5 Milliarden Menschen steigt. 90 Prozent dieses Wachstums wird alleine im asiatischen Raum stattfinden.<sup>3</sup>

2018 lebten rund 4,2 Milliarden Menschen in Städten. Im Jahr 2050 wird diese Zahl bei rund 6,7 Milliarden liegen.<sup>3</sup>

Trotz des vergleichsweise geringen Urbanisierungsgrades beherbergt Asien bereits heute, mit 54 Prozent, über die Hälfte der in Städten lebenden Menschen der Erde. In Europa, Afrika, Lateinamerika und der Karibik leben jeweils etwa zwölf bis dreizehn Prozent der Menschen in Städten.<sup>3</sup>

In den nächsten 30 Jahren wird sich die Anzahl der in Städten lebenden Menschen in Afrika nahezu verdreifachen und in Asien um mehr als die Hälfte steigern. In Konsequenz daraus werden in Afrika rund 22 Prozent der in Städten lebenden Menschen dieser Erde Zuhause sein, der Wert in Asien wird bei etwa 52 Prozent liegen.<sup>3</sup>

Nur wenige Länder beherbergen 2018 die Hälfte der in der Stadt lebenden Bevölkerung der Erde. China zählt mit 837 Millionen Menschen die größte Stadtbevölkerung, gefolgt von 461 Millionen in Indien, trotz der noch geringen Urbanisierungsrate. Auf diese beiden Länder entfallen etwa 30 Prozent. Weitere fünf Länder, darunter die Vereinigten Staaten von Amerika (269 Millionen), Brasilien (183 Millionen), Indonesien (148 Millionen), Japan (117 Millionen) und Russland (107 Millionen) füllen die 50 Prozent der in Städten lebenden Bevölkerung auf.<sup>3</sup>

Bis 2050 wird die Stadtbevölkerung in Indien um 416 Millionen Menschen anwachsen, in China um 255 Millionen und in Nigeria um 189 Millionen. Zusammen werden diese drei Länder ein Drittel der in Städten lebenden Bevölkerung beheimaten. In fünf weiteren Ländern wird die Stadtbevölkerung voraussichtlich um über 50 Millionen anwachsen. Diese Länder sind Bangladesch, die Demokratische Republik Kongo, Indonesien, Pakistan und die Vereinigten Staaten von Amerika. Zusammen werden diese acht Länder die Hälfte der zunehmenden Stadtbevölkerung zwischen 2018 und 2050 ausmachen. Diese wird in etwa 2,5 Millionen betragen.<sup>3</sup>

In wenigen Ländern wird die in Städten lebende Bevölkerung auch sinken, trotz des prognostizierten Anstiegs an Urbanisierung. Ein Beispiel dafür ist Japan mit einem Minus von 13,5 Millionen.<sup>3</sup>

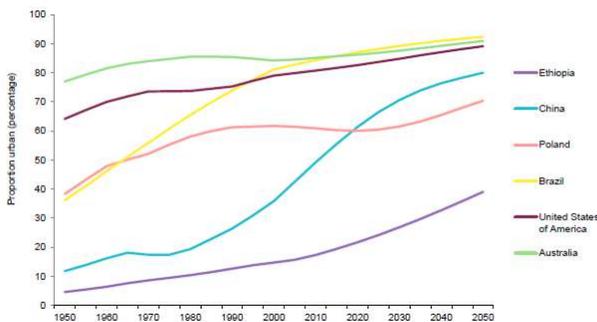


Abb.5: Prozentsatz der Urbanisierung in ausgewählten Ländern

<sup>3</sup> United Nations, 2019, 10.

<sup>3</sup> United Nations, 2019, 10.

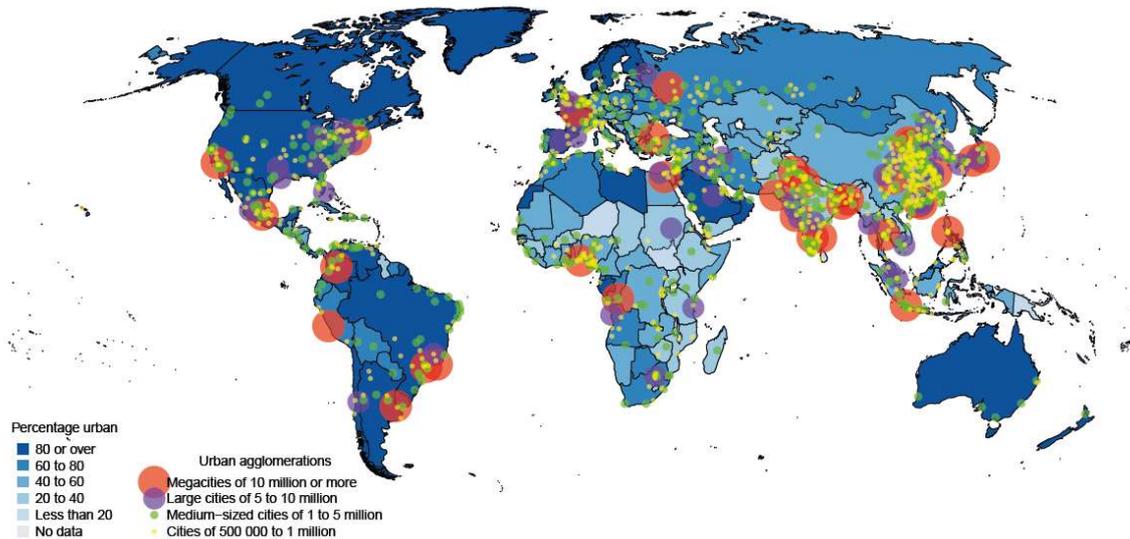


Abb.6: Urbanisierungsgrad und Städte mit über 500.000 Einwohnern

### Die Städte

Im Jahr 2018 gab es weltweit 33 Megacities, also Städte mit über zehn Millionen Einwohnern. Vier davon liegen in Europa, mit Istanbul, Moskau, Paris und London.

48 Städte weltweit hatten zwischen fünf und zehn Millionen Einwohner, diese haben zwischen fünf und zehn Millionen Einwohner. Davon liegen fünf in Europa.

Die meisten dieser Städte, wie in Abbildung 6 ersichtlich, liegen in Lateinamerika und der Karibik beziehungsweise in Asien.<sup>3</sup>

Die Zahl der Megacities wird laut World Urbanization Prospect 2018, bis 2030 um zehn Megacities auf 43 steigen. Die Anzahl der Großstädte mit fünf bis zehn Millionen Einwohner wird von 48 auf 66 steigen. Auch in den restlichen Kategorien wird es zu einem enormen Anstieg kommen.<sup>3</sup>

---

## 2.1.2     URBANISIERUNG WIEN

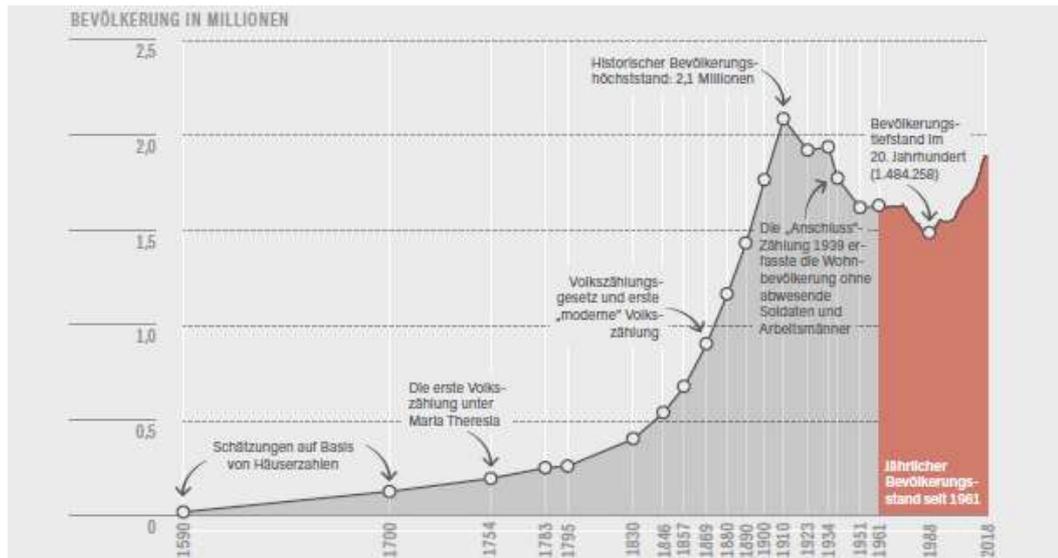


Abb.7: Wiener Bevölkerung in Millionen

Mit Wien schafft es laut der UN Definition nur eine Stadt Österreichs in den Rang der Städte. Mit rund 1,93 Millionen Menschen, welche in Wien leben, wird sie als mittelgroße Stadt gewertet.

#### Bevölkerungsentwicklung der Stadt

*„Erfolgreiche Städte sind wachsende Städte. Wien hat sich in den letzten 50 Jahren von einer schrumpfenden, alternden Stadt in der Peripherie zu einer jungen Metropole im Herzen Europas entwickelt. Auch die Herausforderung des starken Bevölkerungswachstums, das Wien seit Anfang der 2000er-Jahre erlebt hat, konnte in Summe gut bewältigt werden. Nicht zufällig gilt Wien heute als die lebenswerteste Stadt der Welt.“<sup>10</sup>*

Um 1600 lebten im heutigen Wiener Stadtgebiet rund 50.000 Menschen. Bis ins Jahr 1700 stieg die Anzahl der Einwohner Wiens auf rund 125.000. Bereits ein weiteres Jahrhundert später im Jahr 1800 zählte die Stadt rund eine viertel Million Einwohner. Im Jahr 1910 erreichte Wien den bisherigen Bevölkerungshöchstand, zu dieser Zeit lebten rund 2,08 Millionen Menschen in der heutigen Hauptstadt Österreichs.

Ab Beginn des ersten Weltkriegs sank die Einwohnerzahl allerdings und lag zum Ende des zweiten Weltkrieges bei rund 1,62 Millionen.

In den 1970er Jahren veränderte sich die Einwohnerzahl Wiens kaum. In den 1980er Jahren sank die Zahl weiter und erreichte 1988 ihren letzten Tiefstand mit rund 1,48 Millionen Einwohner.<sup>10</sup>

Ab diesem Zeitpunkt steigt die Einwohnerzahl Wiens allerdings wieder kontinuierlich an. Bis zur Jahrtausendwende betrug die Bevölkerungszahl wieder um die 1,55 Millionen. Bis 2018 stieg die Einwohnerzahl auf 1.888.776 Millionen. Alleine im Zeitraum von 2002 bis 2018 wuchs die Bevölkerung um nahezu 318.000 Menschen. Wien wuchs also im Vergleich um mehr als die zweitgrößte Stadt Österreichs mit rund 290.000 Personen.<sup>10</sup>

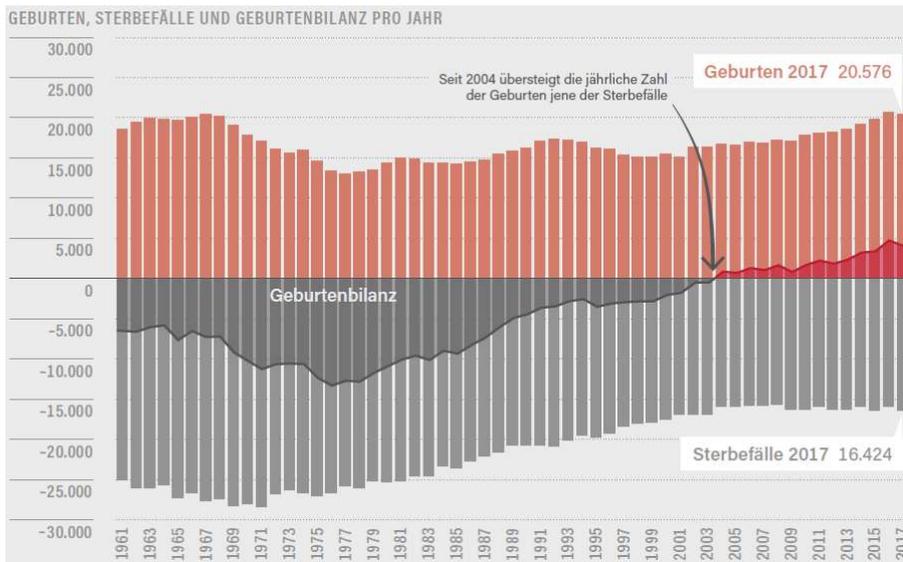


Abb.8: natürliche Bevölkerungsveränderung Wiens

**Bevölkerungsprognose Stadt Wien**

Die MA23, zuständig in der Stadt Wien für Statistiken, erstellt in Abständen von vier bis fünf Jahren eine kleinräumige Bevölkerungsprognose. Die aktuellste Prognose stammt aus dem Jahr 2018. Die Prognose wird dabei in drei Ebenen durchgeführt. In der größten Ebene wird die gesamte Stadt behandelt, die darunter liegende Ebene behandelt die 23 Bezirke der Stadt. Die kleinste Unterteilung findet in sogenannten Zählbezirken statt, dafür wird die Stadt in 250 Zählbezirke unterteilt.

Die aktuellste Prognose der gesamten Stadt reicht bis ins Jahr 2048, jede der Bezirke bis ins Jahr 2038 und jene der Zählbezirke bis ins Jahr 2028. In der Prognose wurden jene Personen berücksichtigt die am 1.1.2018 ihren Hauptwohnsitz in Wien hatten.<sup>10</sup>

Diese Bevölkerungsprognosen beruhen auf Annahmen, welche auf vergangene demografische Prozesse der Stadt aufbauen. Demnach ist ein detaillierter Blick in die Bevölkerungsentwicklung Wiens in der jüngeren Vergangenheit, unausweichlich um Prognosen für die Zukunft stellen zu können. Bevölkerungsprognosen sind für die Stadtplanung wichtig, vor allem für die Raumplanung und Wohnraumplanung. Kommt es zu einem starken Wachstum, wie in den letzten Jahrzehnten, sind neue Wohnungen und Infrastrukturen für hunderttausende Menschen notwendig. Somit ist eine vorausschauende Prognose unausweichlich.

Bevölkerungsveränderungen, sowohl Wachstum, Stagnation als auch Rückgang, ergeben sich im wesentlichen aus zwei Komponenten der Bevölkerung. Einerseits der natürlichen Bevölkerungsveränderung, beeinflusst durch Geburten und Sterbefälle. Andererseits aus räumlichen Bevölkerungsveränderungen wie Zu- und Abwanderung.

**Natürliche Bevölkerungsveränderung**

In weiten Teilen des 20. Jahrhunderts war beispielsweise die natürliche Bevölkerungsveränderung Wiens aufgrund der niedrigen Geburtenzahlen negativ. Ein Rückgang oder eine Stagnation der Einwohnerzahlen wurde durch Zuwanderung kompensiert. Seit dem Jahr 2004 allerdings drehte auch die Geburtenbilanz wieder ins Positive, was auch zu dem starken Einwohneranstieg Wiens beitrug.<sup>10</sup>

Im Jahr 1971 erreichte die Anzahl der Sterbefälle in Wien ihren Höhepunkt. Von 1971 bis 2000 nimmt diese allerdings sehr stark ab und stagniert seit 2000 auf sehr niedrigem Niveau. Fast konträr dazu verlaufend erreichte die Zahl der Geburten in den 1970er Jahren ihren Tiefststand, erholte sich davon und stieg ab Beginn der 2000er Jahre kontinuierlich an. Seit dem Jahr 2004 übertrifft die Anzahl der Neugeborenen auch jene Anzahl der Verstorbenen. Dies war seit Beginn der Aufzeichnungen 1961 nie der Fall.<sup>10</sup>

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar. The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

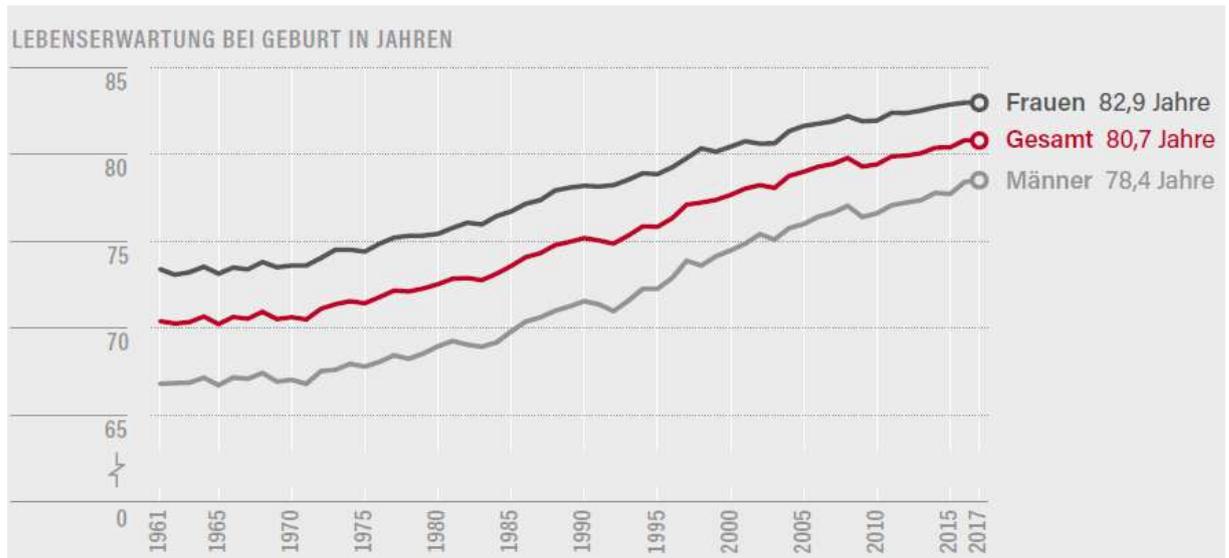


Abb.9: Lebenserwartung bei Geburt in Jahren, in Wien

Die Anzahl der Geburten und Sterbefällen ist von der Altersstruktur der Bevölkerung abhängig. Um eine Prognose in diese Richtung treffen zu können, ist auch die Lebenserwartung der Menschen zu berücksichtigen. Generell liegt die Lebenserwartungen von Frauen leicht über jenen von Männern, obwohl sich dieser Unterschied in den letzten Jahrzehnten verringert hat. In Wien lag beispielsweise die Lebenserwartung von Frauen im Jahr 2017 um 4,2 Jahre über jenen der Männer.<sup>10</sup>

Die Lebenserwartung steigt bei Personen die ab dem Jahr 1961 geboren sind generell sehr stark an. Männer die 1970 geboren wurden haben eine Lebenserwartung von rund 66 bis 67 Jahre, Männer die 2017 geboren wurden haben eine Lebenserwartung von etwa 78 Jahren. Im Vergleich dazu liegt die Lebenserwartung bei Frauen welche 1970 geboren wurden bei 73 bis 74 Jahre. Frauen die 2017 geboren werden im Schnitt 83 Jahre alt. Somit stieg die Lebenserwartung in den letzten fünfzig Jahren um rund zehn Jahre.<sup>10</sup>

Ähnlich wichtig für eine Bevölkerungsprognose ist die Geburtenzahl. Erfasst wird diese unter dem Begriff Gesamtfertilitätsrate, sie gibt die durchschnittliche Kinderzahl pro Frau im Alter zwischen 15 und 49 Jahren an.<sup>10</sup>

Es wird davon ausgegangen, dass für die Erhaltung der Bevölkerungszahl eine Fertilitätsrate von rund 2,1 Kindern pro Frau notwendig ist.<sup>11</sup>

Die Rate liegt in Wien allerdings bereits ab dem 19. Jahrhundert darunter. Selbst in den 1960er Jahren (Babyboom-Jahre) lag sie unter 2. Seit 1975 stagniert die Gesamtfertilitätsrate in Wien bei zirka 1,4 Kindern pro Frau.

Die Kinderanzahl von im Ausland geborenen Müttern liegt laut Aufzeichnungen leicht über jenen von in Österreich geborenen Frauen, sinkt allerdings seit den Aufzeichnungen mit Beginn im Jahr 2002 stark ab, während jene der in Österreich geborenen Mütter leicht steigt und sich somit ein aktueller Mittelwert von rund 1,4 ergibt.

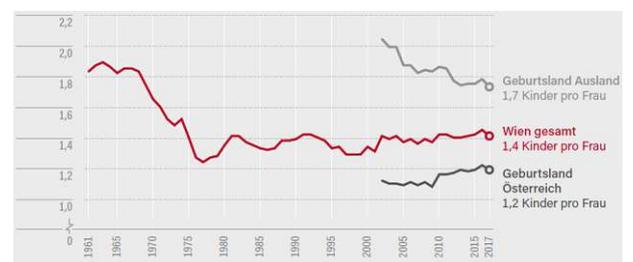


Abb.10: Kinder pro Frau im Alter von 15 bis 49 Jahren, ab 2002 nach Geburtsland in Wien

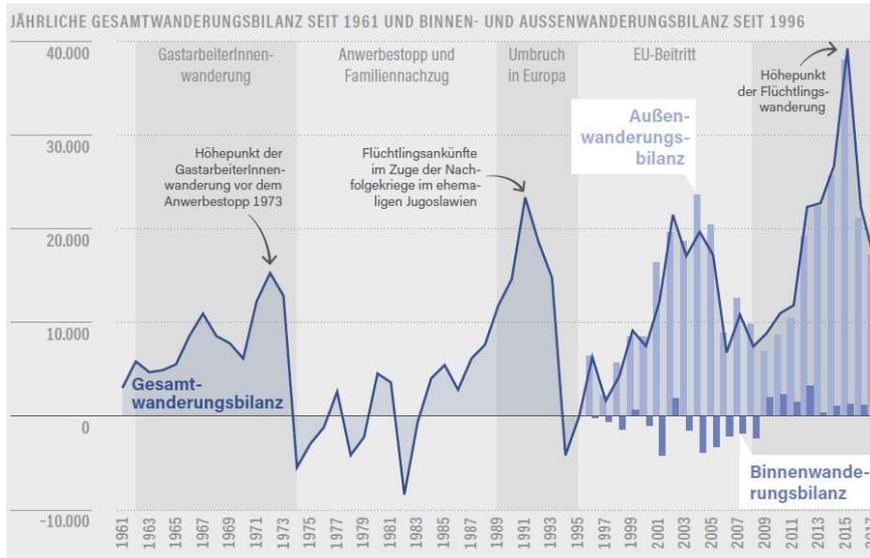


Abb.11: Migrationsbewegungen nach und aus Wien

**Räumliche Bevölkerungsveränderung**

Die verschiedenen Phasen der groben Bevölkerungsentwicklung Wiens sind vorrangig durch räumliche Bevölkerungsveränderungen entstanden. In erster Linie durch stark schwankende Migration. Anders als bei natürlichen Bevölkerungsveränderungen ist die räumliche Bevölkerungsveränderung sehr abhängig von wirtschaftlichen, politischen, gesellschaftlichen oder umweltbedingten Ereignissen. Somit ist diese auch schwerer vorherzusagen.<sup>10</sup>

Auch die Einwohnerzahl Wiens war in den letzten Jahrzehnten stark von internationalen Veränderungen geprägt. Die Statistiken ab dem Ende des zweiten Weltkriegs zeigen mehrere Phasen mit starker Zuwanderung auf, aber ebenso kurze Phasen mit größer Abwanderung. Aufgrund der Rückkehr von vertriebenen Personen und der Ungarn-Krise 1956 kam es in der Nachkriegszeit zu einer größeren Zuwanderungswelle. Ab dem Jahr 1962 bis ins Jahr 1973 kam es während des „Wirtschaftswunder“ zu einer starken Anwerbung ausländischer Arbeitnehmer, zu Beginn vor allem aus Jugoslawien, später auch aus der Türkei. Mit dem Ausbruch der Wirtschaftskrise durch den Erdölpreisschock wurde diese Bewegung im Jahr 1973 abrupt gestoppt.<sup>12</sup>

Ab diesem Zeitpunkt kam es zu einem Anwerbestopp und auch zu einem Beschäftigungsabbau. Viele der zuvor migrierten Arbeitnehmer oder Arbeitnehmerinnen entschied sich allerdings für einen dauerhaften Wohnsitz in Wien und es kam zu einem Familiennachzug, dieser Trend hielt in etwa bis ins Jahr 1988 an.<sup>10</sup>

Ebenso in diese Zeit fällt eine starke Fluchtbewegung aus Polen nach ausrufen des Kriegsrechtes in den Jahren 1981-1983.<sup>10</sup>

Durch die Kriege im ehemaligen Jugoslawien und des Falles des eisernen Vorhanges kam es ab 1989 zu erhöhter Migration aus eben diesen Ländern. Trotzdem kam es von Beginn bis Mitte der 1990 Jahre zu einem starken Rückgang, beziehungsweise zu einer weiteren kurzen Zeit der Abwanderung in Wien. Ab 1995 jedoch startete eine ständige Migrationsbewegung nach Wien, einerseits durch den Beitritt in die Europäische Union, andererseits durch starke Flüchtlingsbewegungen aus Afrika und Süd- Ostasien.<sup>10</sup>

Nach dem Höhepunkt der Flüchtlingswanderung aus Syrien und anderen nordafrikanischen Ländern nahm die Zuwanderung jedoch wieder ab. Durch die aktuelle Situation in der Ukraine und der größten Flüchtlingsbewegung in Europa, ist davon auszugehen, dass sich die Zuwanderung nach Wien stärker erhöhen wird als in der Prognose 2018 angenommen wurde.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar. The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

<sup>10</sup> MA 23, 2018, 38-41.

<sup>12</sup> Wien Geschichte Wiki, 2020

<sup>10</sup> MA 23, 2018, 38-41.

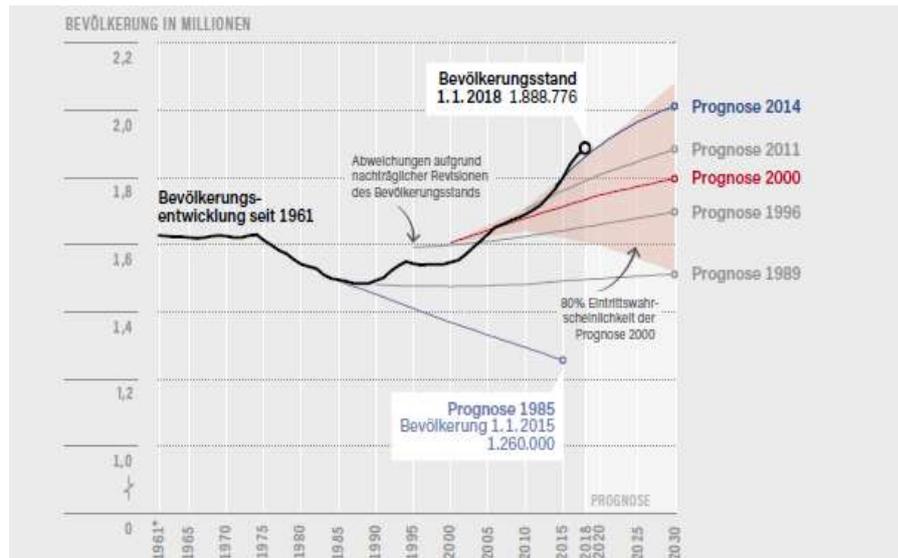


Abb.12: frühere Bevölkerungsprognosen der Stadt Wien

Die Binnenmigration, also jene der Zu- und Abwanderung aus den Bundesländern in andere Bundesländer schwächte sich bereits in den 1960er Jahren ab. In den 1970er Jahren zogen allerdings immer noch viele Menschen aus den anderen Bundesländern nach Wien. Der Prozess der Suburbanisierung sorgte allerdings dafür, dass immer mehr Wienerinnen und Wiener ihre Heimat außerhalb der Stadtgrenzen fanden. Dies sorgte dafür dass die Binnenwanderungsstatistik Wiens gegenüber den anderen Bundesländern in den letzten Jahrzehnten negativ ausfiel, außer in den Jahren 2009 bis 2016.<sup>10</sup>

#### Frühere Bevölkerungsprognosen der Stadt Wien

Die Stadt Wien stellte auch in den letzten Jahrzehnten immer wieder Bevölkerungsprognosen an. Ersichtlich in der Grafik oben sind jene aus den Jahren 1985, 1989, 1996, 2000, 2011 und 2014. Jene von 1985 prognostizierte die Bevölkerung bis ins Jahr 2015 und ging von einer Einwohnerzahl von rund 1,26 Millionen aus, in Wirklichkeit waren es rund 1,80 Millionen. Auch die restlichen Prognosen die bislang angestellt wurden gingen nach heutigen Stand von einer deutlich geringeren Einwohnerzahl aus.<sup>10</sup>

Die letzte angestellte Prognose aus dem Jahr 2014 ging mit Beginn des Jahres 2022 von einer Einwohnerzahl von 1.926.103 aus. In Realität waren es nur einige tausend mehr, mit 1.931.593. Allerdings zeigt auch diese Prognose mit den starken Zuwanderungen durch die Flüchtlingswelle 2015 und 2016 und durch die erhöhte Abwanderung ins Umfeld der Stadt, auch verstärkt durch die Corona-Pandemie, dass politische und gesundheitliche Ereignisse kaum vorherzusehen sind.

#### Prognosen der Stadt Wien bis 2048

Die Prognosen der Bevölkerungsprognose 2018 der MA23 basieren auf den Eckpunkten, welche auch in den vergangenen Jahrzehnten ausschlaggebend für Bevölkerungsveränderungen war.

In Sachen Gesamtfertilitätsrate wird angenommen dass es in den nächsten zehn Jahren zu einem abgeschwächten Rückgang kommt. Dies wird mit der starken Zuwanderung von Frauen aus Ländern mit höherer Rate begründet. Zum Ende der 2020er Jahre wird sich der Rückgang aller Voraussicht nach wieder verstärken und sich danach bei einer Quote von 1,4 einpendeln.<sup>10</sup>

Die Lebenserwartung bei Geburt in Wien wird auch in den nächsten Jahrzehnten aller Voraussicht nach steigen. Mitte des 21. Jahrhunderts ist von einer durchschnittlichen Lebenserwartung von 85 Jahren bei Männern und 89 Jahren bei Frauen laut den Statistiken der Statistik Austria auszugehen, diese wurden auch für die Bevölkerungsprognosen herangezogen.<sup>10</sup>

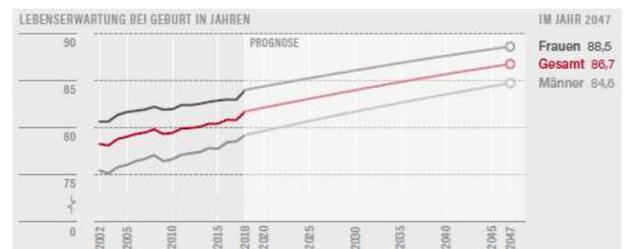


Abb.13: Lebenserwartung bei Geburt, in Wien

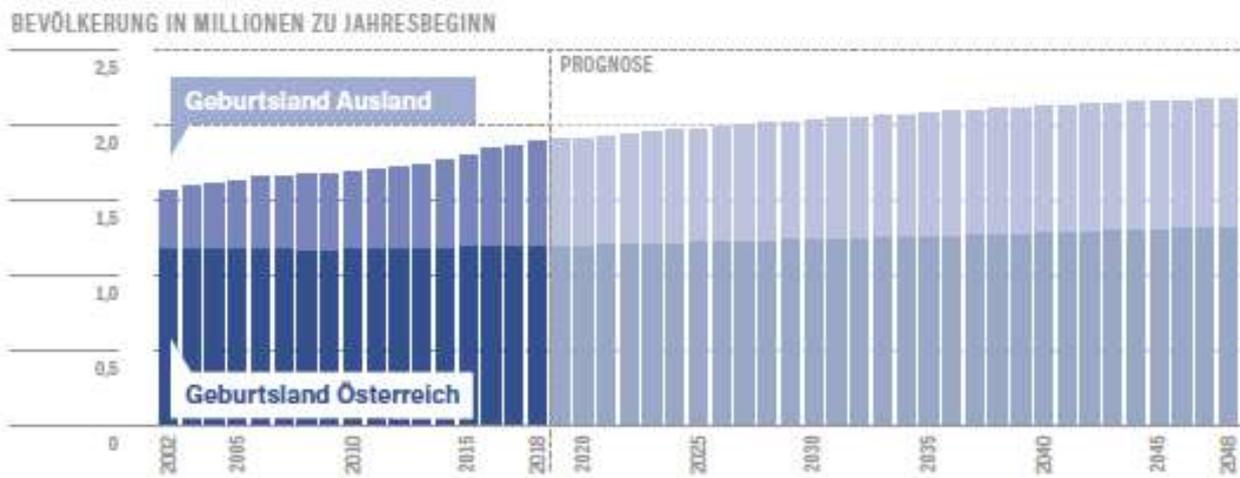


Abb.14: Wiener Bevölkerung in Millionen

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar. The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Der wohl am schwersten abzuschätzende Aspekt der Bevölkerungsveränderung ist die Migration. In der Bevölkerungsanalyse 2018 wurde davon ausgegangen, dass es zu einem Rückgang im Vergleich zu den Jahren zuvor kommt.<sup>10</sup>

Dieser Aspekt wurde bereits durch die Ukraine Krise auf den Kopf gestellt, wobei natürlich noch abzuwarten ist wie lange diese Veränderung Bestand hat.

Auch bei den Binnenmigrationsströmen wurde davon ausgegangen, dass sie wie auch in den Jahrzehnten zuvor relativ stabil bleiben. Es wurde daher weiterhin davon ausgegangen das junge Erwachsene zur Arbeit oder auch zur Ausbildung nach Wien kommen und weiterhin eine Abwanderung ins Wiener Stadtumland stattfindet. Es wurde davon ausgegangen das der Binnenmigrationsstrom Wiens in den nächsten Jahren leicht negativ sein wird.<sup>10</sup>

Auch bei dieser Annahme könnte es bereits eine Verstärkung der Abwanderung gekommen sein. Während der Corona-Pandemie kam es quasi zu einer Stadtfucht, da in Zeiten der Pandemie und vor allem in Quarantäne vermehrt Wert auf einen privaten Garten oder auf eine größere Wohnfläche geachtet wurde. Allerdings ist auch bei diesem Trend darauf zu achten wie nachhaltig er ist.

Aber auch diese beiden Ereignisse zeigen wie schwer es ist die Bevölkerungsentwicklung abschätzen zu können.

Wien wächst weiter

Die Bevölkerung Wiens wächst in den nächsten dreißig Jahren laut Bevölkerungsprognose weiter an. Bis 2048 wächst die Einwohnerzahl um 289.000 Menschen und wird am 1.1.2048 bei rund 2.178.000 liegen. Dies ist eine Steigerung von 15,5 Prozent und entspricht einer durchschnittlichen jährlichen Steigerung von 0,5 Prozent oder 9633 Personen. Im Jahr 2027 wird die Einwohnerzahl Wiens auf über 2 Millionen steigen und im Jahr 2036 soll der bisherige Höchststand der Bevölkerungszahl von 2.083.630 aus dem Jahr 1910 übertroffen werden. Mit dem prognostizierten Bevölkerungsanstieg wird Wien auch weiterhin eine der wichtigsten Metropolen im deutschsprachigem Raum sein, wahrscheinlich die zweitgrößte hinter Berlin.<sup>10</sup>

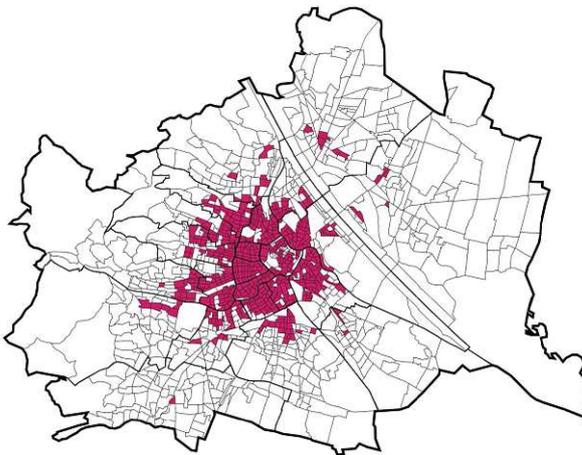


Abb. 15: Gründerzeitgebiete aus dem Masterplan Gründerzeit

Doch wie geht die Stadt mit dem starken Wachstum um?

Allen voran sieht die Stadt ihr Potentialflächen zum Beispiel in innerstädtischen Brachflächen oder ehemaligen Bahnhofsarealen. Allerdings auch in gut erschlossenen Flächen in den Außenbezirken. Neue Gebiete sollen dabei kompakt entwickelt werden, auf eine Fußgänger und Radfahrer freundliche Mobilität soll in den Nutzungsdurchmischen Vierteln geachtet werden.<sup>13</sup>

Die Stadtentwicklungsplan gibt dabei auch Zielgebiete für die Stadtentwicklung vor, bei den Gebieten handelt es sich um Gebiete von gesamtstädtischer Bedeutung.<sup>14</sup>

Eines der bekanntesten Stadtentwicklungsgebiete, auch Zielgebiet des Stadtentwicklungsplan, ist die Seestadt Aspern, welche Anstelle eines alten Flugplatzes errichtet wird. Weitere Gebiete sind das kürzlich fertiggestellte Sonnwendviertel und das Nordbahnviertel, beide entwickelt auf Flächen nicht mehr genutzter Bahnhöfen und Bahnarealen. Ein weiteres wichtiges Zielgebiet der Stadtentwicklung ist der U1 Südraum - Favoriten, hier wird ein neues unbebautes Gebiet mit sehr guter bestehender Anbindung erschlossen.<sup>15</sup>



Abb. 16: Leitbild aus dem Masterplan Gründerzeit

Für diese Arbeit sind allerdings vor allem die innerstädtischen Bestandsgebiete von Bedeutung. Hier sticht aus den Zielgebieten der Stadtentwicklung aus 2019 vor allem das Gründerzeitviertel Westgürtel heraus. Ziel im Gebiet ist es ein Aufwertung des öffentlichen Raumes zu schaffen, dies soll auch mit einer Vernetzung der umliegenden Geschäftsstraßen erreicht werden. Aber auch eine Quartiersentwicklung wird angestrebt.<sup>15</sup>

Ein wichtiges Dokument für Quartiersentwicklungen im Bestand ist der Masterplan Gründerzeit der Stadt Wien.

Ein wichtiges Ziel des Masterplans ist der Erhalt der gründerzeitlichen Bausubstanz und deren Qualitäten. Die Qualität der Gebiete ergibt sich vor allem durch die Summe der Bauobjekte und die Gestaltung der Zwischenräume, also vor allem der Blockrandbebauung und der entstehenden Frei- und Grünflächen. Die Verdichtung des Gebietes soll durch Aufstockungen des Blockrandes und durch Transformationen in den Höfen des Block geschehen. Durch ein zusammenschließen der Parzellen eines Blockes sollen attraktive Freiräume und auch Grünräume im Hof entstehen. Aber auch die Schaffung von Grünräumen spielt im Masterplan eine wesentliche Rolle. Unter anderem durch die Errichtung von Fassadenbegrünungen, aber auch durch Dachbegrünungen.<sup>16</sup>

Unter anderem durch diese Nachverdichtungen im Bestand soll verhindert werden, dass weitere Flächen durch Gebäude oder Infrastrukturbauten versiegelt werden.

13 Stadt Wien, 2014

14 MA 18, 2014, 28.

15 Zielgebiete Stadtentwicklung 2019

16 MA 21, 2018, 9 f.

## 2.2

# FLÄCHENVERBRAUCH

Eines der wichtigsten und meistdiskutierten Themen, vor allem in Österreich, ist der Flächenverbrauch. Einhergehend mit der steigenden Bevölkerung wird auch mehr Fläche von produktiven Böden verbraucht. Dieser Verbrauch ist allerdings sehr stark abhängig von der Bewohnerdichte der einzelnen Gebiete. Eine kompakte Stadt mit mehrgeschossigen Wohnbauten beansprucht weniger Fläche als eine weitläufige Vorstadt mit Einfamilienhäusern.

Es gibt mehrere Ausdrücke die mit Flächenverbrauch in Verbindung und in unterschiedlichsten Statistiken angewendet werden.

**Flächeninanspruchnahme:**

Die Flächeninanspruchnahme wird laut österreichischem Umweltbundesamt der Verlust von biologisch produktiven Boden, beispielsweise durch Verbauung für Siedlungs- und Verkehrszwecke. Allerdings auch Bereiche mit intensiver Erholungsnutzung, Deponien, Abbauflächen und ähnliche Intensivnutzungen zählen zur Flächeninanspruchnahme.<sup>17</sup>

Es handelt sich somit um Flächen die nicht unbedingt versiegelt sein müssen. Darunter können auch Friedhöfe, Spielplätze oder Steinbrüche fallen.

**Bodenverbrauch:**

Ein weiterer Begriff den das österreichische Umweltbundesamt verwendet ist der Bodenverbrauch. Dieser ist der dauerhafte Verlust der in Anspruch genommenen Böden.<sup>18</sup>

**Bodenversiegelung:**

Bodenversiegelung entsteht durch dichtes Verbauen des natürlichen Bodens. Laut deutschem Umweltbundesamt handelt es sich beim Bodenverbrauch um luft- und wasserdicht abgedeckte Böden. Dadurch kann Regen nur sehr schwer oder gar nicht versickern. Auch ein Gasaustausch des Bodens und der Atmosphäre ist gehemmt.<sup>19</sup>

Aus den Definitionen geht hervor, dass der Boden zu allererst aus verschiedenen Gründen in Anspruch genommen wird. Sollte diese Inanspruchnahme langfristig sein, wird sie als Bodenverbrauch deklariert. Wird der Boden allerdings durch Gebäude, Straßen oder anderen Funktionen versiegelt, fällt dies in die Kategorie Bodenversiegelung.

Allerdings sind auch mit diesen Definitionen genaue Gegenüberstellungen oft sehr schwierig oder gar unmöglich. Einerseits sind Statistiken aus den letzten Jahren und Jahrzehnten nur schwer zu vergleichen, da sich mit der Zeit die Definitionen und somit die ausgewerteten Bestandteile veränderten oder unterschiedlich zusammensetzten. Andererseits bleibt die Definition selbst eine Schwierigkeit, worauf auch in einigen Fachartikel und Fachzeitschriften hingewiesen wird, beispielsweise im „The European Data Journalism Network“:

*„Wir müssen zwischen verschiedenen Bodentypen unterscheiden. Der englische Begriff land take, zu Deutsch Flächenverbrauch, meint die Umwandlung von landwirtschaftlichen oder naturbelassenen Flächen in Siedlungs- und Verkehrsflächen, d.h. den Bau von Immobilien, Infrastrukturen, Straßen. Nicht alle urbanisierten Flächen sind allerdings bebaut und nur ein kleiner Teil davon ist wirklich versiegelt. Dieses besondere Problem wird auf Englisch als soil sealing (Bodenversiegelung) bezeichnet.“<sup>20</sup>*

17 Umweltbundesamt, 2022

18 WWF, 2021, 4.

19 Umweltbundesamt Deutschland, 2022

20 European Data Journalism Network, 2022

## Auswirkungen der Versiegelung

Die Nutzung der Bodenfläche hat auch einen starken Einfluss auf die Umwelt und das Klima.

Laut einem Sonderbericht aus dem Jahr 2019 des „Intergovernmental Panel on Climate Change“, kurz IPCC liegt der „Fußabdruck“ des Menschen, also jener Boden der unter Einfluss des Menschen steht, bereits bei 70 Prozent der eisfreien Landfläche.<sup>21</sup>

Am größten ist die Auswirkung logischerweise bei einer kompletten Versiegelung des Bodens. Änderungen im Klimasystem wirken sich Lokal, Regional oder gar Global aus.

Bei kurzfristigen Starkregenereignissen kann der Boden kein Wasser mehr aufnehmen und es kommt zu Überschwemmungen. Ist der Anteil an versiegelter Fläche sehr hoch, was vor allem in Städten der Fall ist, wirkt sich das auf die Temperatur im Umfeld aus. Hier spricht man von sogenannten Hitzeinseln (Urban-Heat-Island). Der Effekt liegt laut IPCC zwischen 0,2 und 2,6 Grad Celsius. Regional können Bodenversiegelungen Extremereignisse also sehr stark beeinflussen.

Außerdem ist der Boden der zweitgrößte Kohlenstoff Speicher nach den Ozeanen, er enthält sogar mehr Kohlenstoff als die Atmosphäre. Der meiste Kohlenstoff kann in Mooren, Grünland oder unbewirtschafteten Wäldern gespeichert werden. Wird der Boden versiegelt, versiegt diese Speichermöglichkeit.<sup>22</sup>

*„Zwei Faktoren verschärfen das Problem: Fläche ist nicht vermehrbar. Und wenn Boden einmal versiegelt ist, ist er unwiederbringlich verloren. Zwar ist eine Entsiegelung möglich. Zur Bildung lebendigen Bodens braucht es jedoch Jahrtausende.“<sup>22</sup>*

Der Boden ist somit ein sehr wertvolles und unwiederbringliches Gut. Ebenso ist er ein wichtiger Lebensraum für Pflanzen und Tiere. Er dient als Speicher und Filter des Trinkwassers und ist Produktionsstandort für Nahrungsmittel. Auch diese Funktionen gehen durch Flächeninanspruchnahme zurück und werden sich durch Hitze- und Trockenheit einschränken.<sup>23</sup>

Durch die höheren Lufttemperaturen steigen auch die Bodentemperaturen an, was Auswirkungen auf das Bodenleben hat. Die organische Substanz am Boden (Humusschicht) wird schneller abgebaut, somit können die Nährstoffe (z.B. Nitrat) und Schadstoffe (z.B. Pflanzenschutzmittel) schneller umgewandelt und ausgewaschen werden.<sup>24</sup>

Im Zukunft werden Böden im Sommer immer häufiger austrocknen, Starkregen und Wind können dadurch zum abschwemmend oder abtragen des Bodens beitragen und es kommt zur Bodenerosion, was bedeutet das der Fruchtbare und landwirtschaftlich bedeutendste Teil des Bodens verloren geht.<sup>24</sup>

*„Schon 2030 könnte Österreichs Unabhängigkeit in der Lebensmittelversorgung aufgrund der Klimaveränderungen und der zunehmenden Verbauung nicht mehr garantiert sein. Um die Versorgung mit wertvollen Nahrungsmitteln zu sichern, müssen daher die besten Böden geschützt werden.“<sup>18</sup>*

Wie bereits erwähnt, hat die Bodenversiegelung auch gravierende Auswirkungen auf den Wasserhaushalt. Ein Hektar Boden kann laut Umweltbundesamt bis zu 2.300 Kubikmeter Wasser speichern, bei versiegelten Flächen hingegen kann weniger Wasser versickern und es wird die Grund- und Trinkwasserversorgung beeinträchtigt. Dadurch, dass weniger Regenwasser versickert, kommt es auch immer häufiger zu Überlastungen der Abwassersysteme und Kanalisationen, was ein Katalysator für Hochwasser in Städten ist.<sup>18</sup>

21 Klimareporter, 2019a  
22 Klimareporter, 2019a  
23 Wagenleitner, 2022, 21.

24 Land Oberösterreich, 2022  
18 WWF, 2021, 12.

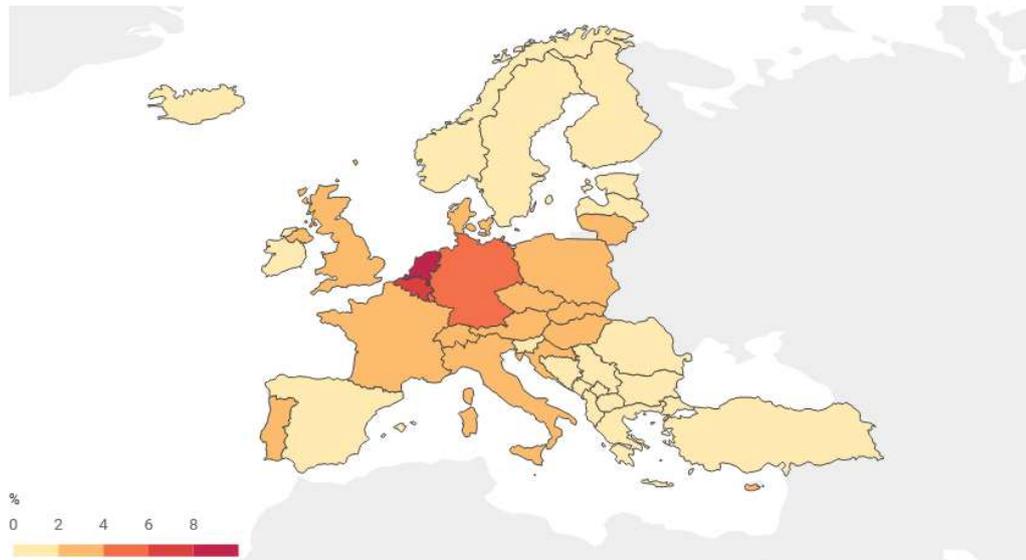


Abb.17: Versiegelte Flächen in Europa in % im Jahr 2015

„Der von den Vereinten Nationen im Jahr 2018 veröffentlichte *Global Land Outlook*, der auf dem Zeitraum 1998 bis 2013 beruht, analysiert den Zustand des Bodens weltweit. Abgesehen von den Wüstengebieten sei der Studie zufolge die Produktivität von 22 Millionen Quadratkilometern Erdoberfläche gesunken und 20% der Böden erzielen nicht mehr den gleichen Ertrag wie früher.

Dieses Problem betrifft 5% des europäischen Raums sowie 10% der Böden, die besonders starkem Stress ausgesetzt sind. Insbesondere landwirtschaftliche Nutzflächen leiden unter der Degradation: 18% der Anbauflächen in Europa haben an Produktivität eingebüßt. Auf unserem Kontinent ist das Problem prozentual betrachtet am schlimmsten. Besonders die Region um das Schwarze Meer, aber auch die Mittelmeerlande sind aufgrund der intensiven Nutzung durch den Menschen und der Verstädterung stark betroffen.“<sup>20</sup>

Laut Europäischer Kommission werden in Europa schätzungsweise jedes Jahr Flächen von 100.000 Hektar, was in etwa der Größe Berlins entspricht, in Anspruch genommen oder versiegelt. Allerdings ist eine Messung der Flächeninanspruchnahme nicht einfach, da es auf europäischer Ebene oder sogar auf nationaler Ebene keine einheitlichen Messmethoden gibt. Die EU wies bereits im Jahr 2006 darauf hin, dass die Flächenversiegelung reduziert werden muss um irreversible und schwere Folgen zu vermindern.<sup>20</sup>

### Flächenversiegelung

Die Bodenversiegelung wird von der Europäischen Umweltagentur durch Satellitenbilder und Flächennutzungsdatenbanken dokumentiert.<sup>25</sup>

Die letzte europaweiten Statistiken stammen von 2012. In der Grafik oben ist der versiegelte Boden der europäischen Länder dargestellt. Spitzenreiter, mit großem Abstand, im Jahr 2012 war Malta mit einer versiegelten Fläche von 16,27%. Einen hohen Versiegelungsgrad weisen auch die Benelux-Staaten auf. Die Niederlande mit 8,07%, Belgien mit 7,56 Prozent und Luxemburg mit 5,18% dicht gefolgt von Deutschland mit 5,17%. Die restlichen mitteleuropäischen Länder weisen eine Versiegelung von 2 bis 3,5% auf. Deutlich geringer ist der Wert in den nördlichen Ländern. In Finnland sind es 0,68%, in Schweden 0,51%, in Norwegen 0,27% und in Island waren es 2014 sogar nur 0,14%.<sup>25</sup>

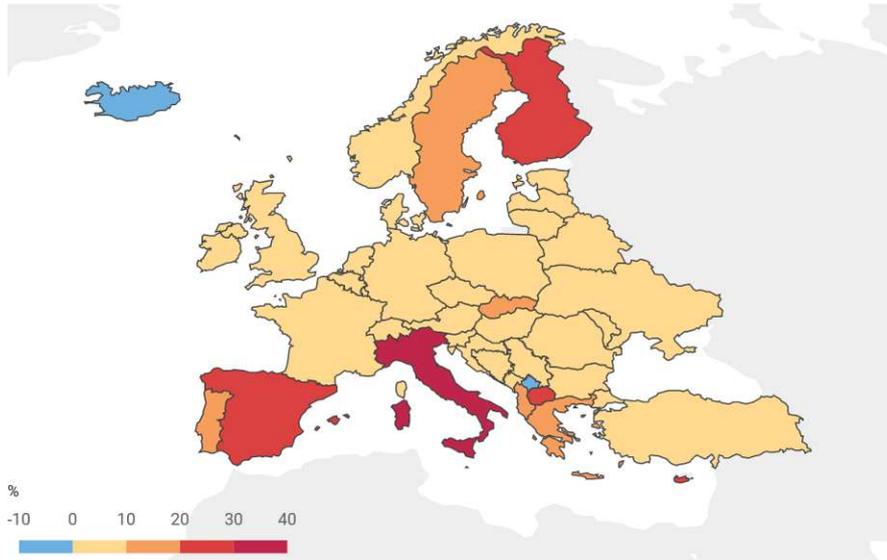


Abb.18: Änderung des Versiegelungsgrad in Europa in % von 2006 bis 2012

### Veränderungsgrad der Flächenversiegelung

Auch der Veränderungsgrad der Bodenversiegelung wurde in dieser Studie erhoben. Diese Statistik zeigt deutlich, dass die Flächenversiegelung mit Ausnahme von fünf Ländern deutlich zunimmt. Die Statistik beruht auf den Aufzeichnungen von 2006 bis 2012.

Spitzenreiter im positiven Sinne ist wiederum Island, hier wurden sieben Prozent der versiegelten Flächen zwischen 2006 und 2012 entsiegelt. Ebenso einen Abbau um ein Prozent schaffte der Kosovo. In Kroatien und Montenegro blieb der Versiegelungsgrad konstant, in Serbien stieg er um ein Prozent.<sup>20</sup> Spitzenreiter der Statistik ist Italien mit einem Plus von 32%, gefolgt von Nordmazedonien mit 28%, Spanien mit 27% und Finnland mit 21%. Wobei in diesen Ländern, außer in Italien, der Ausgangsgrad aus dem Jahr 2006 auf sehr niedrigem Niveau war. In Mitteleuropa liegt die Zunahme bei fünf bis vierzehn Prozent. Am höchsten ist jene in der Slowakei mit vierzehn Prozent, gefolgt von Österreich mit neun Prozent. In Deutschland liegt sie bei vier Prozent, in Frankreich, der Schweiz und Belgien bei fünf Prozent. In den Niederlanden liegt sie bei einem Prozent, wobei hier das höchste Ausgangsniveau besteht.<sup>20</sup>

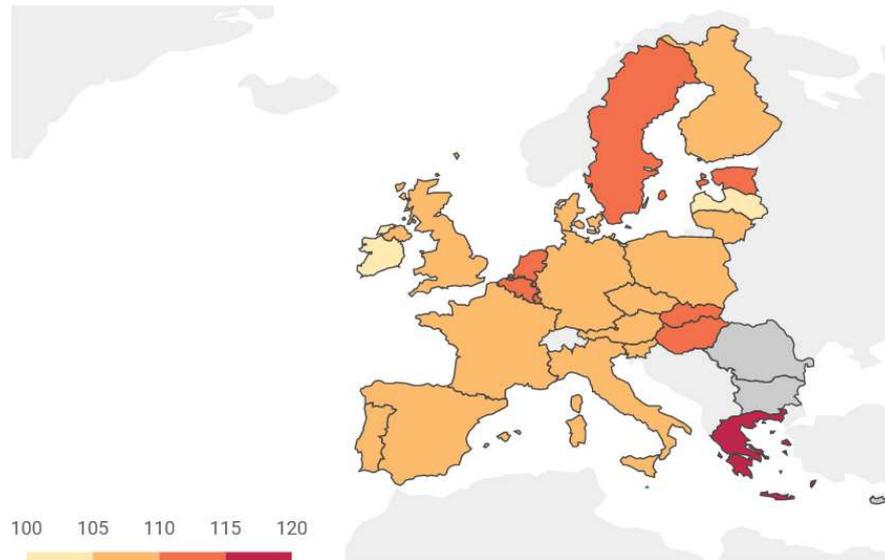


Abb.19: Zunahme der Flächeninanspruchnahme von 2006 bis 2015

### Flächeninanspruchnahme

Laut Eurostat hat die Flächeninanspruchnahme in allen Ländern der Europäischen Union zugenommen.

Wie in der Grafik oberhalb ersichtlich wuchs die Flächeninanspruchnahme von 2009 bis 2015 in Griechenland am stärksten. Dahinter folgen die Slowakei, Belgien, Ungarn, die Niederlande, Luxemburg, Schweden und Estland. Am geringsten war die Zunahme in Irland, gefolgt von Estland.<sup>20</sup>

Das Statistische Amt der Europäischen Union bringt die starke Flächeninanspruchnahme mit dem Bevölkerungswachstum in Zusammenhang.

Dabei geht hervor, dass die Flächeninanspruchnahme deutlich schneller steigt als das Bevölkerungswachstum. Von 1950 bis ins Jahr 2015 stieg die Bevölkerung um 33%. Im Gegensatz dazu stieg allerdings die Flächeninanspruchnahme im selben Zeitraum um 78%.

Die starke Flächeninanspruchnahme seit 1950 lässt sich demnach auf andere Faktoren zurückführen. Beispielsweise durch die wirtschaftliche Entwicklung, die Entwicklung des Lebensstils und vor allem durch eine sehr starke Zersiedelung.<sup>20</sup>

Wie sich diese Werte in Österreich entwickeln, wird im nächsten Kapitel genauer analysiert.

---

## 2.2.2     FLÄCHENVERBRAUCH ÖSTERREICH



Abb.20: Entwicklung der Verfügbaren Ackerfläche pro Kopf in Österreich

„Die Identität Österreichs ist geprägt durch das Schöne. Sie ist geprägt durch die Kultur, die Landschaft samt ihren Äckern und Wiesen und durch die Produktion bester heimischer Lebensmittel. Eine Identität, für die Österreich auf der ganzen Welt geschätzt und geliebt wird, und eine Identität, die zunehmend in Gefahr gerät.“<sup>25</sup>

Durch den unkontrollierten Bodenverbrauch durch Zubetonieren, Asphaltieren oder der gleichen, verschwindet nicht nur diese Identität immer mehr, es führt auch zu immer wahrnehmbaren Umweltproblemen und gefährdet die Ernährung unseres Landes. Durchschnittlich wurden in den letzten zehn Jahren 20 Hektar Äcker und Wiesen verbaut, dies entspricht in etwa 20 Fußballfeldern, pro Tag!

„Kein zweites Land in Europa geht so verantwortungslos mit seinen Böden um.“<sup>25</sup>

Da es sich bei der Flächeninanspruchnahme um eines der größten Umweltprobleme handelt erkannte auch die österreichische Bundesregierung. Im aktuellen Regierungsübereinkommen wurde ein Zielwert für den Bodenverbrauch festgelegt. Dieser liegt bei maximal 2,5 Hektar pro Tag. Dieser Wert wurde allerdings auch schon in der Nachhaltigkeitsstrategie aus dem Jahr 2002 festgehalten und im Masterplan für ländlichen Raum erneuert. Dennoch wird aktuell noch die fünffache Fläche dieses Wertes verbraucht. Somit ist eine Korrektur der Bodenpolitik und eine Reform der Raumordnung zwingend notwendig.<sup>25</sup>

Denn, wie Dr. Kurt Weinberger von der Österreichischen Hagelversicherung richtig feststellt: „Wie ein Mensch mit immer weniger Haut ist auch das Land mit immer weniger Boden nicht überlebensfähig“

„Ein Beispiel: In den letzten drei Jahren verloren wir hierzulande durch Erbauung jährlich rund 4.000 Hektar Agrarflächen. Das entspricht beispielsweise einem Verlust von 25 Millionen kg Brotgetreide. Für den Brotkonsum werden rund 85kg Getreide pro Kopf und Jahr benötigt. Somit verbauen wir in einem Jahr das Brotgetreide für fast 300.000 Österreicher. Diese Entwicklung ist fahrlässig! Von Beton kann man nicht abbeißen“<sup>25</sup>

Anlässlich des Weltbodentages im Jahr 2013 stellte die Österreichische Hagelversicherung erstmals den Bodenverbrauchsindex (BVI) für Österreich vor. Dieser gibt die verfügbare Ackerfläche Österreichs pro Kopf im Vergleich zum Jahr 1961 an. Im Jahr 1961 standen jedem Österreicher und jeder Österreicherin 2.385m<sup>2</sup> Ackerfläche zur Verfügung. Im Jahr 2012 waren es nur noch 1.608m<sup>2</sup> an Ackerfläche, welche zur Produktion von Lebensmitteln zur Verfügung standen. Somit ist in rund 50 Jahren bis ins Jahr 2012 die verfügbare Ackerfläche um 32,6% gesunken, oder umgerechnet um 777m<sup>2</sup> pro Kopf.<sup>26</sup>

Laut Österreichische Hagelversicherung bedeutet die um ein Drittel geringer gewordene Pro-Kopf-Anbaufläche eine ernste Gefährdung der Versorgungssicherheit mit heimischen Lebensmittel, vor allem bei weiter steigender Bevölkerung.<sup>26</sup>

25 ÖGNI GmbH, 2021

25 ÖGNI GmbH, 2021  
26 Österreichische Hagelversicherung, 2013

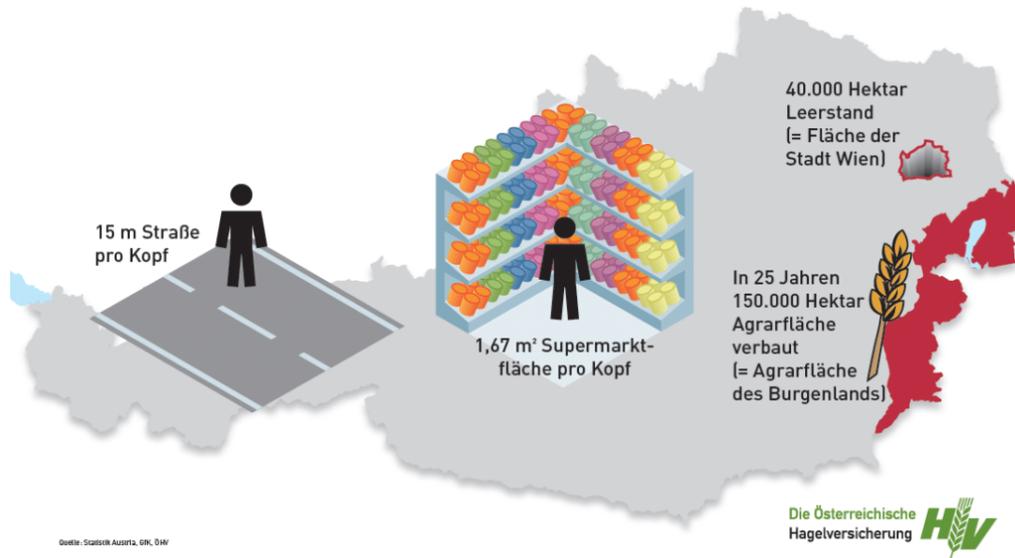


Abb.21: Flächenverbrauch in Österreich

Laut Artikeln der „Bauernzeitung“ und Statistiken der „Österreichische Gesellschaft für Nachhaltige Immobilienwirtschaft“ beziehungsweise der „Österreichische Hagelversicherung“ findet sich in Österreich sowohl die höchste Supermarktfäche pro Kopf mit 1,67m<sup>2</sup> pro Kopf, als auch das dichteste Straßennetz mit 15m pro Kopf wieder.<sup>26, 27</sup>

Im Vergleich dazu weist Deutschland ein Straßennetz mit umgerechnet acht Meter pro Kopf auf. Auch die Bodenversiegelung ist in Österreich mit 0,5% der Agrarflächen im Vergleich zu Deutschland mit 0,25% der Agrarflächen doppelt so hoch.<sup>25</sup>

Dass Österreich im Bodenverbrauch einsame Spitze ist zeigt auch eine Statistik des Umweltbundesamt. Diese besagt, dass in Österreich Immobilien mit einer Fläche von rund 40.000 Hektar leer stehen, was der Größe der Stadt Wien entspricht. Trotzdem werden im ganzen Land immer wieder riesige Gebäude und auch Industriehallen errichtet, auch in ländlichen Bereichen ohne jegliche Infrastruktur. Somit werden wiederum durch das Gebäude selbst, als auch durch die Erschließung mit Straßen, die Kanalisation und der restlichen Infrastruktur unversiegelte Böden zerstört.<sup>26</sup>

In den letzten 25 Jahren wurden in Österreich etwa 150.000 Hektar an Felder und Wiesen verbaut, dies entspricht der kompletten Agrarfläche des Burgenlandes. Wird sich das Tempo in den nächsten 200 Jahren nicht verändern wird es im Jahr 2220 in Österreich keine Äcker und Wiesen mehr geben.<sup>25</sup>

Der Fortschreitende Bodenverbrauch beeinflusst allerdings nicht nur das Klima. Da Österreich immer mehr fruchtbare Böden verliert ist auch die Ernährungssouveränität in Gefahr und nachhaltige Arbeitsplätze werden zerstört. Allerdings kommt es auch häufiger zu Naturkatastrophen und zur Zerstörung der Flora und Fauna.<sup>25</sup>

Laut einer weiteren Statistik der Österreichischen Hagelversicherung nahm die verbaute Fläche zwischen 2001 und 2017 um rund 25 Prozent zu, was einer Fläche von rund 1.132km<sup>2</sup> ist. Dies entspricht in etwa der doppelten Landesfläche Wiens. Der Flächenverbrauch wuchs damit in dieser Zeit deutlich schneller als die Bevölkerung. Im gleichen Zeitraum stieg die Einwohnerzahl lediglich um 9,1 Prozent. Der Anteil an versiegelten Flächen, der Siedlungsflächen und Verkehrsflächen betrug in Österreich 2017 laut Österreichischer Hagelversicherung rund 41 Prozent.<sup>28</sup>

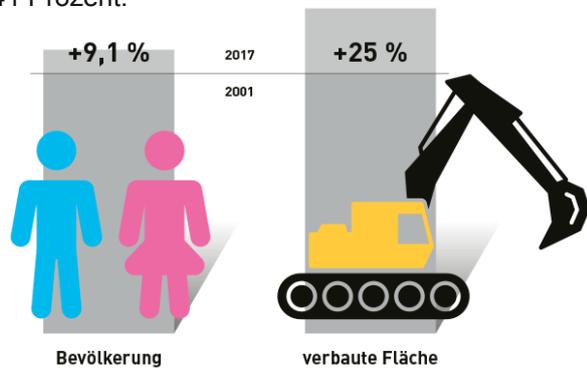


Abb.22: Vergleich Flächenverbrauch und Bevölkerungswachstum in Österreich von 2001 bis 2017 in Österreich

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar. The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

25 ÖGNI GmbH, 2021  
26 Österreichische Hagelversicherung, 2013  
27 Bauern Zeitung, 2019

25 ÖGNI GmbH, 2021  
28 Österreichische Hagelversicherung, 2018

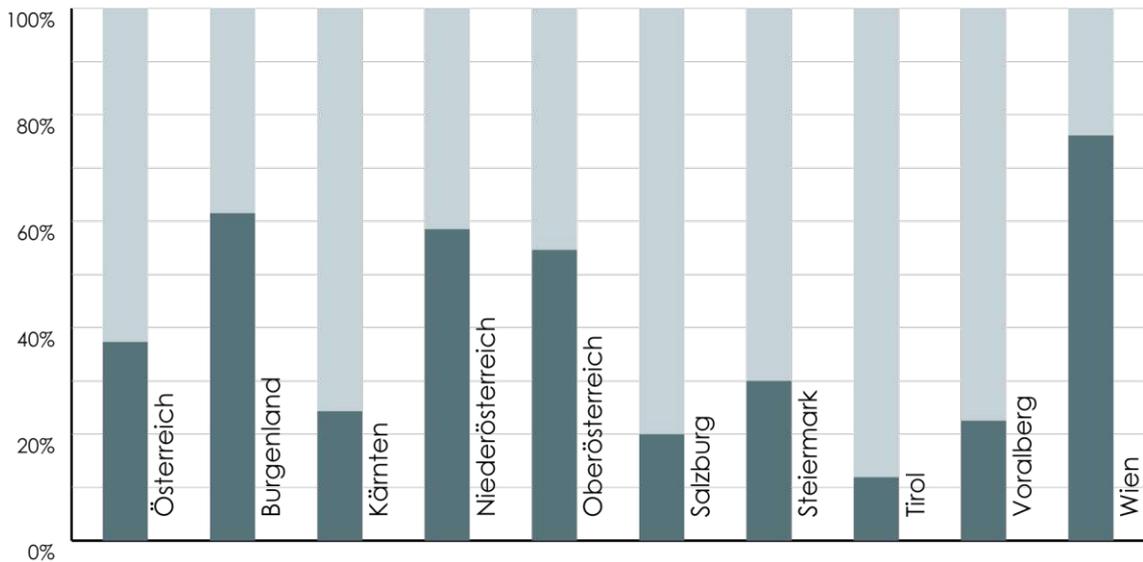


Abb.23: Anteil des Dauersiedlungsraum in den Bundesländern

**Realnutzung und Änderung des beanspruchten Bodens**

Eine Auswertung der Daten zwischen 2006 und 2020 des österreichischen Umweltbundesamtes zeigt ebenso einen Anstieg des in Anspruch genommenen Bodens. Ebenso sind zahlreiche Unterschiede in der Nutzungsart und nach Bundesländer ersichtlich.

**Dauersiedlungsraum**

Viele der Statistiken beziehen sich auf den Dauersiedlungsraum Österreichs.

„Grundsätzlich wird darunter jener besiedelbare und (wirtschaftlich) nutzbare Raum verstanden, der nach Berücksichtigung von Wald, alpinem Grünland, Ödland und Gewässer für landwirtschaftliche Produktion, Siedlungsentwicklung und Infrastruktur zur Verfügung steht.“<sup>29</sup>

In Österreich wird der Dauersiedlungsraum vor allem durch die alpine Landschaft eingeschränkt. Ebenfalls zum unbesiedelbaren Raum werden Wälder, Wasserflächen, Feuchtland oder Ödland gezählt.<sup>26</sup>

Der Dauersiedlungsraum Österreichs beträgt 31.287km<sup>2</sup>. Das sind 37,3 Prozent der Gesamtfläche von 83.884km<sup>2</sup>.

Im Vergleich der Bundesländer ist der Anteil des Dauersiedlungsraums in Wien am höchsten. Im Jahr 2020 lag er bei 76,1% der Landesfläche, gefolgt vom Burgenland mit 61,5% und Niederösterreich mit 58,5%. Am geringsten ist der Anteil des Dauersiedlungsraumes in Tirol mit 11,9%, Salzburg mit 20% und Vorarlberg mit 22,5%.

Die Daten basieren auf den Statistiken des österreichischen Umweltbundesamts zur Flächeninanspruchnahme.<sup>17</sup>

29  
26

ÖROK Atlas, 2015  
Österreichische Hagelversicherung, 2013

17  
Umweltbundesamt, 2022

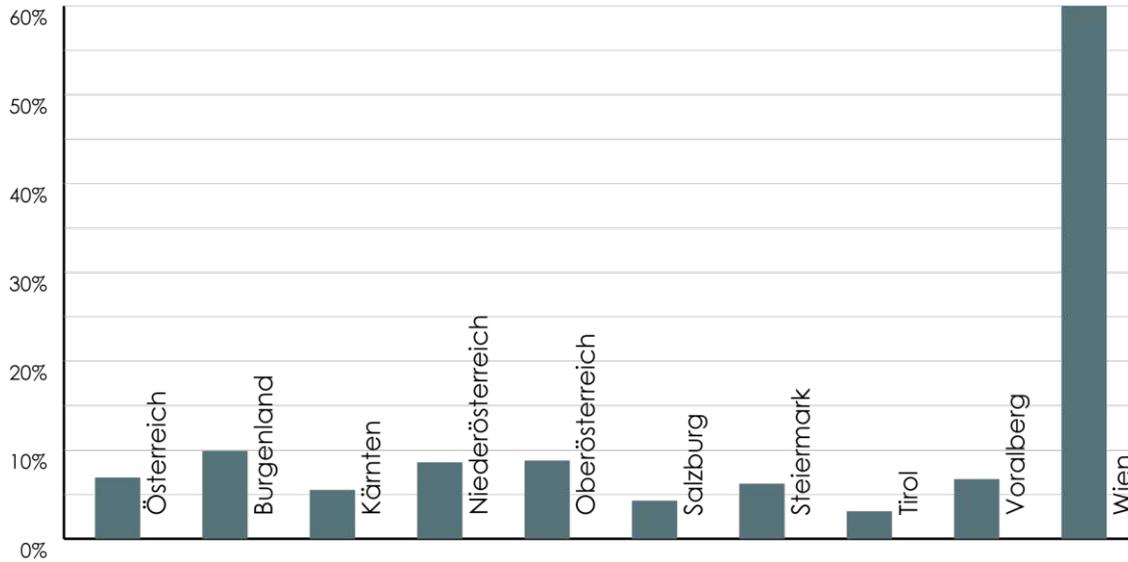


Abb.24: Flächeninanspruchnahme an der Gesamtfläche der Bundesländer im Jahr 2020

**Flächeninanspruchnahme der Bundesländer**

„In Österreich wurden bis zum Jahr 2020 insgesamt 5.768 km<sup>2</sup> in Anspruch genommen. Das entspricht 7% der Landesfläche und 18% des Dauersiedlungsraumes.“<sup>17</sup>

Die produktiven Böden Österreichs verringerten sich im Zeitraum von 2006 bis ins Jahr 2020 um 1.200,9km<sup>2</sup>. Im Vergleich dazu beträgt die Gesamtfläche Wiens rum 415km<sup>2</sup>. Somit erhöhte sich die beanspruchte Fläche Österreichs innerhalb von vierzehn Jahren fast um die dreifache Fläche Wiens!<sup>17</sup>

In der Tabelle oben zeigt sich, dass die Flächeninanspruchnahme im Vergleich zur gesamten Landesfläche in Wien aufgrund der hohen Einwohnerzahl und der damit verbundenen dichten Bebauung logischerweise um ein vielfaches höher ist, als in den restlichen Bundesländern Österreichs.

Vergleicht man die Jahre 2006 bis 2020 (Tabellen rechts) zeigt sich, dass in Wien die Flächeninanspruchnahme im Vergleich zum Dauersiedlungsraum von 70% (226,9km<sup>2</sup>) auf 78,8% (249km<sup>2</sup>) anstieg. Enthalten, in den in Anspruch genommenen Flächen, sind sowohl Bauflächen, Verkehrsflächen, als auch sonstige Flächen. Diese beinhalten beispielsweise Erholungs- und Abbaufächen.<sup>17</sup>

Ersichtlich ist ebenso, dass in allen Bundesländern die Flächeninanspruchnahme von 2006 bis 2020 gleichermaßen erheblich anstieg. Von 2006 bis 2013 allerdings stärker als von 2013 bis 2020. Im Bundesland mit der geringsten Inanspruchnahme stieg diese von 11,9% des Dauersiedlungsraumes im Jahr 2006 auf 14,8% im Jahr 2020.<sup>17</sup>

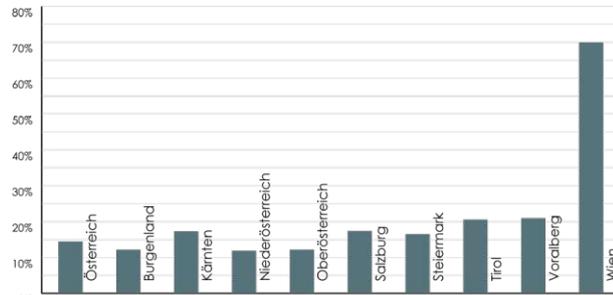


Abb.25: Flächeninanspruchnahme am Dauersiedlungsraum im Jahr 2006

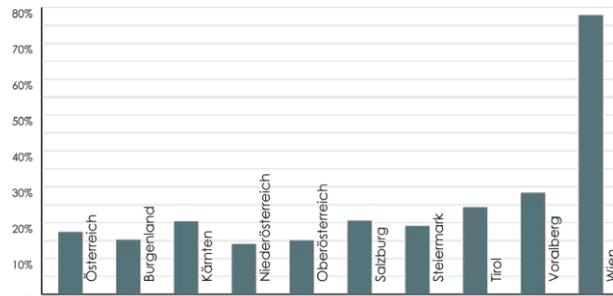


Abb.26: Flächeninanspruchnahme am Dauersiedlungsraum im Jahr 2013

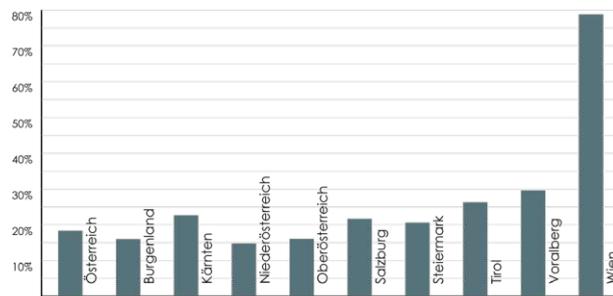


Abb.27: Flächeninanspruchnahme am Dauersiedlungsraum im Jahr 2020

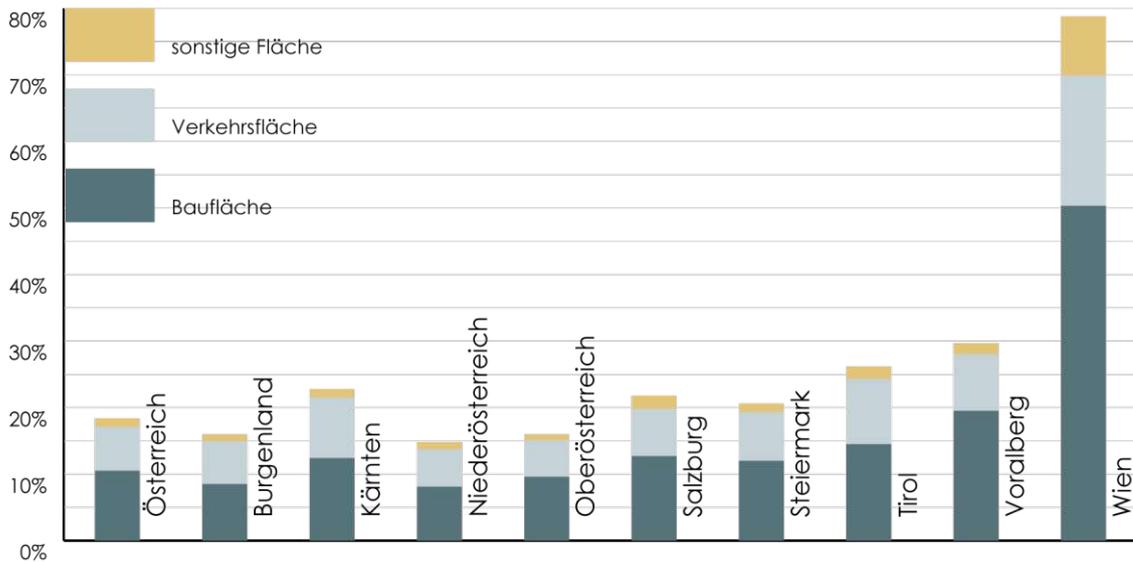


Abb.28: Realnutzung Flächeninanspruchnahme des Dauersiedlungsraumes der Bundesländer im Jahr 2020

**Flächeninanspruchnahme Realnutzung**

Im Vergleich der Realnutzung der Flächen zeigt sich in ländlichen Gebieten ein relativ ausgeglichenes Bild zwischen Bauflächen und Verkehrsflächen. Österreichweit beträgt die Flächeninanspruchnahme der Bauflächen im Verhältnis zum Dauersiedlungsraum im Jahr 10,5 Prozent oder 3.296km<sup>2</sup>. Im Vergleich dazu jene der Verkehrsflächen 6,6 Prozent oder 2079km<sup>2</sup>.<sup>17</sup>

Bezogen auf die Realnutzung der Flächen, wäre ein sehr hoher Anteil an Wohnflächen, im Vergleich zu Verkehrsflächen wünschenswert. Da man hierbei von einer effizienteren Flächennutzung ausgehen kann.

Am ausgeglichensten ist das Verhältnis im Burgenland, Kärnten und in Niederösterreich. Im Burgenland beträgt die Baufläche rund 8,5% und die Verkehrsfläche 6,4%. Es ergibt sich ein Verhältnis von etwa 1,33 zu 1, zugunsten der Baufläche. In Kärnten benötigt die Baufläche 12,4% des Dauersiedlungsraumes, die Verkehrsfläche 9,1%. Das Verhältnis beträgt hier 1,36 zu 1. In Niederösterreich nimmt die Baufläche rund 8,1% in Anspruch, die Verkehrsfläche 5,6%. Woraus sich ein Verhältnis von 1,44 zu 1 ergibt.<sup>17</sup>

Deutlich günstiger ist dieses Verhältnis in dicht besiedelten Bereichen. Zum Beispiel in Vorarlberg und vor allem in Wien.

In Vorarlberg nimmt die Baufläche 19,5% des Dauersiedlungsraumes in Anspruch, im Vergleich dazu ist die Inanspruchnahme durch die Verkehrsfläche mit 9,5% deutlich geringer. Daraus ergibt sich ein Verhältnis von 2,05 zu 1. Noch höher ist dieses Verhältnis in Wien, mit 50,3% an Baufläche und 19,6% Verkehrsfläche des Dauersiedlungsraumes, somit 2,57 zu 1. Dies kommt vor allem durch die dichte Bebauung und das effizientere Straßennetz in Städten zustande.<sup>17</sup>

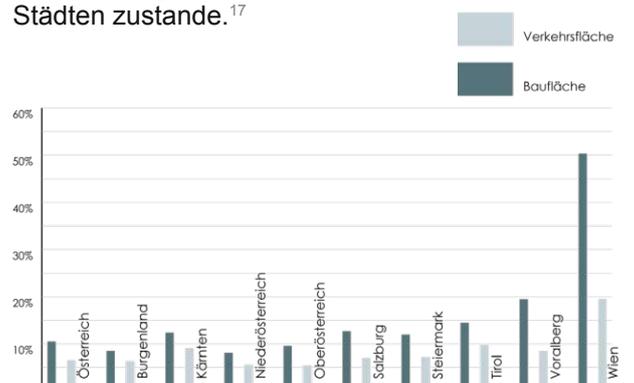


Abb.29: Flächeninanspruchnahme am Dauersiedlungsraum Vergleich Baufläche und Verkehrsfläche im Jahr 2020

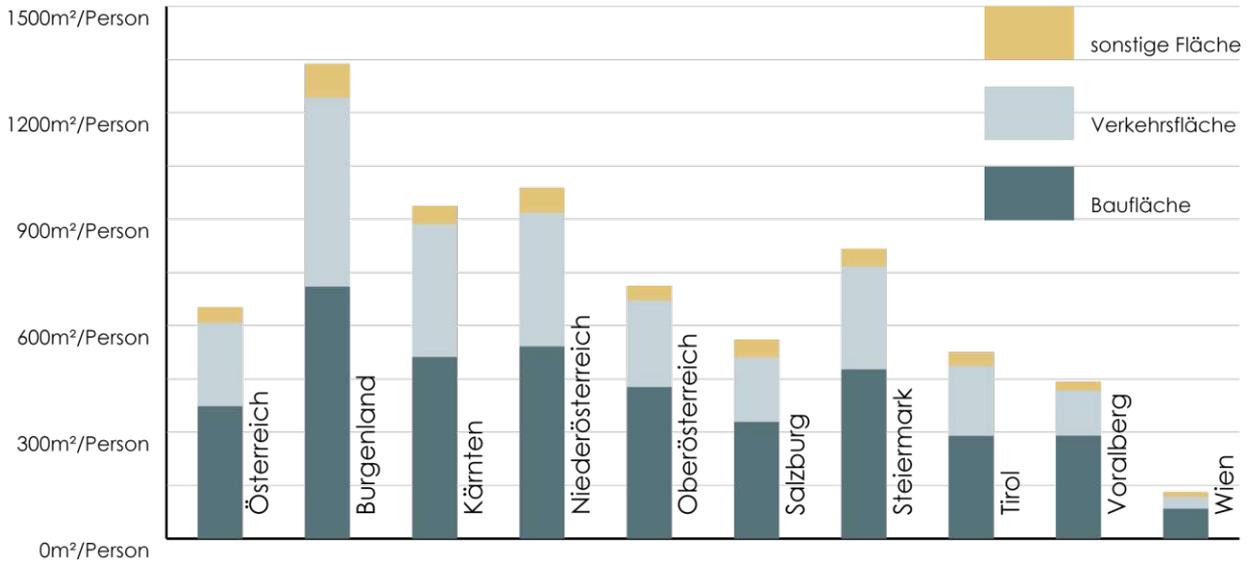


Abb.30: Flächeninanspruchnahme an der Gesamtfläche der Bundesländer im Jahr 2020

**Flächeninanspruchnahme pro Kopf der Bundesländer**

Noch deutlicher zeigt sich die Effizienz der Städte im Vergleich der Flächeninanspruchnahme pro Kopf.

Im Vergleich mit den anderen Bundesländern und auch mit dem österreichischem Durchschnitt zeigt sich hier ein enormer Unterschied.

Die Flächeninanspruchnahme einer in Wien lebenden Person liegt beispielsweise im Vergleich zum Durchschnitt Österreichs bei einem Fünftel. Die Statistiken weisen für Personen in Wien eine zusammengefasste Flächeninanspruchnahme von 131,60m² aus, der Durchschnitt in Österreich liegt unterdessen bei 652,66m².<sup>17</sup>

Unangefochten an der Spitze liegt hier das Burgenland, mit einer Flächeninanspruchnahme pro Person von 1.338,04m² und somit dem zehnfachen von Wien.

Sowohl bei der Baufläche als auch bei der Verkehrsfläche liegt hier die Flächeninanspruchnahme deutlich vor dem Rest Österreichs. Die Baufläche pro Kopf lag im Burgenland 2020 bei 710m², dahinter findet sich hier Niederösterreich mit 511,8m², also mit 200m² weniger. Kärnten mit 511,80m² liegt an dritter Stelle. Auch bei der Verkehrsfläche liegt das Burgenland im negativen Sinne weit voraus. Mit 532,5m² liegt es hier ebenso vor Niederösterreich mit 377m² und Kärnten mit 374,50m².<sup>17</sup>

Auf der anderen Seite der Statistik finden sich Wien und Vorarlberg wieder.

In Vorarlberg beträgt die Flächeninanspruchnahme pro Person 442,72m². Davon sind 290,10m² Baufläche, 127,2m² Verkehrsfläche und 25,4m² sonstiger Fläche.

Nochmals deutlich niedriger ist der Wert in Wien. Hier beträgt die Flächeninanspruchnahme wie bereits erwähnt 131,60m². Zusammengefasst aus 84,0m² Baufläche, 32,8m² Verkehrsfläche und

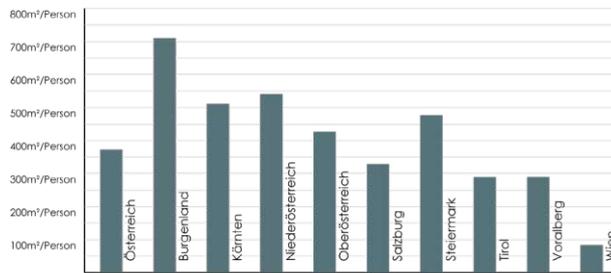


Abb.31: Baufläche pro Kopf im Jahr 2020

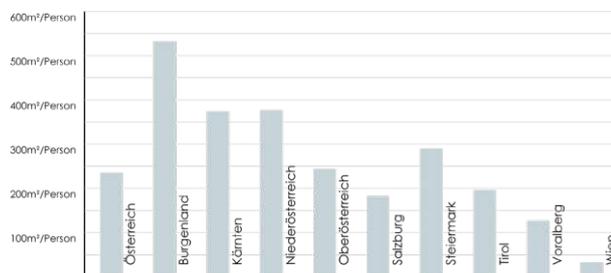


Abb.32: Verkehrsfläche pro Kopf im Jahr 2020



---

## 2.3 KLIMA

14,8m<sup>2</sup> sonstiger Fläche.<sup>17</sup>

In den letzten Jahren rückte der Begriff Klima immer weiter in den Mittelpunkt verschiedener Diskussionen. Etymologisch stammt der Begriff vom griechischen Wort klimatos, was so viel bedeutet wie, Neigung der Erdachse gegen die Ebene ihrer Umlaufbahn um die Sonne.

In Wirklichkeit definiert das Klima die Zusammenfassung der Wettererscheinungen, die den mittleren Zustand der Atmosphäre an einem bestimmten Ort, oder in einem mehr oder weniger großen Gebiet charakterisieren.

Es wird bestimmt durch bestimmte Mittel- oder Extremwerte und Häufigkeiten von Ereignissen über einen längeren Zeitraum, meistens wird ein Zeitraum von rund 30 Jahren zugrunde gelegt. Dieser Zeitraum wird auch als Normalperiode bezeichnet, in gewissen Fällen sind allerdings auch kürzere Zeitabschnitte gebräuchlich.<sup>30</sup>

Oft wird der Begriff Klima auch mit dem Begriff Wetter verwechselt, der Begriff Wetter bezeichnet allerdings keine langfristigen Ereignisse.

Das Klima beschreibt den typischen Zustand der Atmosphäre über lange Zeiträume von Jahren bis zu Jahrtausenden im Wechselspiel mit Gewässern, Landmassen, Eisflächen und Lebewesen. Es bestimmt nicht nur den Naturraum, sondern hat entscheidenden Einfluss auf die Gesellschaft.

Klima lässt sich statistisch aus langjährigen Wetterdaten lesen.<sup>31</sup>

30 Deutsche Wetterdienst, 2022

31 GeoSphere Austria, 2022

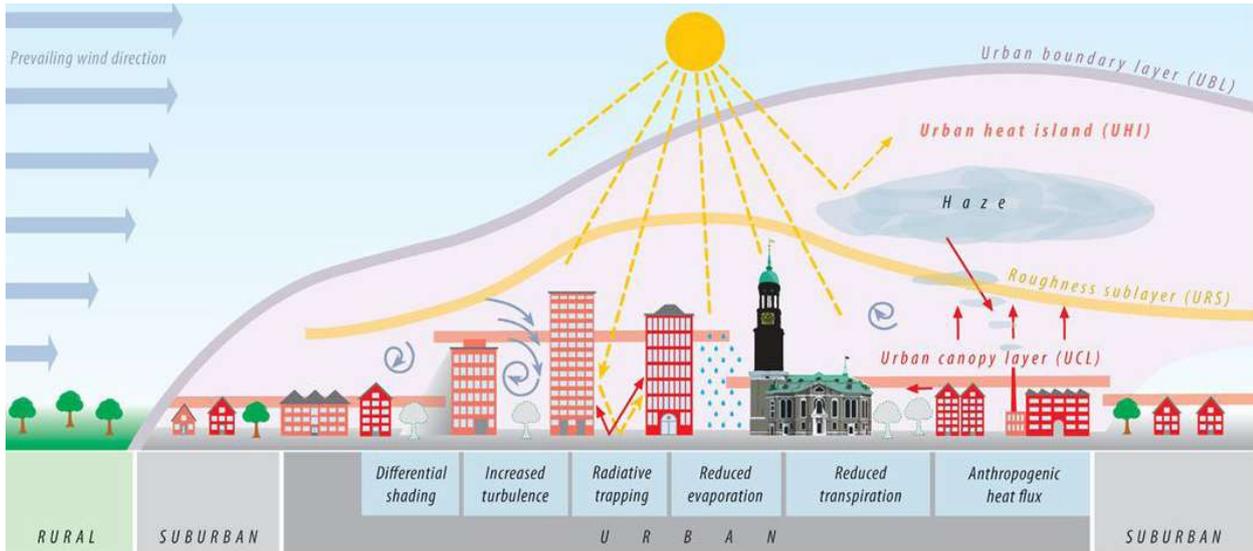


Abb.33: Analyse des Stadtklima

**Stadtklima**

„Stadtklima, bezeichnet den von spezifischen städtischen Oberflächenstrukturen sowie anthropogenen Wärme- und Schadstoffemissionen veränderten Zustand der atmosphärischen Grenzschicht in der Stadt. Stadtklimatische Phänomene gibt es in allen Städten der Erde, jedoch in unterschiedlicher Intensität und Ausformung.“<sup>32</sup>

Die World Meteorological Organization (WMO) definiert das Stadtklima (oft auch urbanes Klima genannt) als „gegenüber dem Umland verändertes Lokalklima.“

Dies betrifft sowohl Parameter wie Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Strahlung und Wind, welche durch die baulichen Gegebenheiten, der hohen Bodenversiegelung und dem geringen Grün- und Wasseranteil beeinflusst werden. Als auch Luftqualität, Abwärme und Lärm welche vor allem durch starke Immissionen beeinflusst werden.<sup>33</sup>

Das Stadtklima wird sehr stark durch die Eigenschaften von Baustoffen, besonders deren Wärmespeicherung und Reflexion geprägt. Eine ebenso wichtige Rolle spielt der Grad der versiegelten Flächen und das fehlen von Vegetation, vor allem in dicht bebauten Gebieten.

Durch eine Vielzahl an Nutzungsarten und Bauungsstrukturen weist das Mikroklima innerhalb einer Stadt eine hohe räumliche Variabilität auf. So können zum Beispiel durch Düseneffekte und Windverwirbelungen zwischen Gebäuden oder an Straßenecken lokal sehr starke Windgeschwindigkeiten auftreten. Oder durch einen hohen Versiegelungsgrad und reflektierenden Fassaden sehr hohe Temperaturen herrschen.<sup>34</sup>

Die unter anderem durch den Autoverkehr hohe Konzentration an Aerosolen und die stärkere Konvektion über der Stadt können auch zu einer Niederschlagsverteilung in der Stadt führen. Dadurch kann es lokal zu stärkeren Niederschlägen kommen. Was wiederum auf Grund des oftmals sehr hohen Versiegelungsgrads zu erhöhter Überschwemmungsgefahr führen kann.<sup>34</sup>

Bei Hochdruckwetterlagen und gleichzeitig sehr schwachem oder keinem Wind können sich über Städten Dunstglocken mit hohen Luftschadstoffkonzentrationen bilden. Diese gehen oft mit erhöhten Lufttemperaturen einher und sorgen für Wärmeinseln in Städten. Dadurch kann auch das Bioklima der Stadt im Verhältnis zum Umland deutlich schlechter sein.<sup>34</sup>

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar. The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

32 Spektrum, 2021  
33 Deutsches Klimaportal, 2018

34 Deutsche Wetterdienst, 2022a

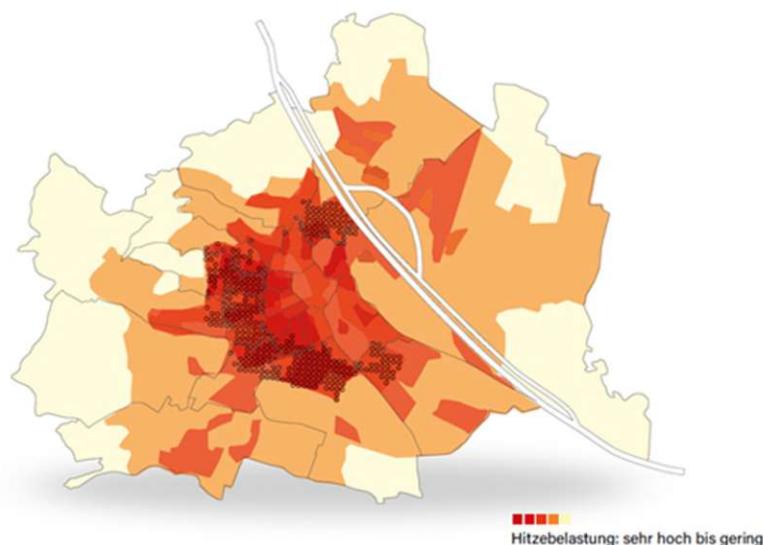


Abb.34: Hitzekarte Wien

### Städtische Wärmeinseln

Der Blick auf Klimakarten zeigt starke Unterschiede zwischen Stadt und Land. Vor allem finden sie ihren Ursprung in der Ausgestaltung der Bodennutzungen, Gebäudestrukturen, Gebäudehöhen und der Materialien. Sehr großen Einfluss hat also die Versiegelung von Dächern und anderen Oberflächen.

Städtische Wärmeinseln haben zur Folge, dass die über Tags aufgenommene Wärme, kombiniert mit geringer nächtlicher Kühlung und geringer Luftzirkulation einen Wärmeüberschuss von bis zu 12°C betragen kann. Durch diesen Effekt sind unter anderem auch erhöhte Gesundheitsrisiken für die Bevölkerung nachvollziehbar.<sup>35</sup>

Dies war bereits lange vor den in letzter Zeit immer deutlicher werdenden Effekten der Klimaveränderung ersichtlich. Allerdings wird er durch die Klimaveränderung weiter verstärkt.

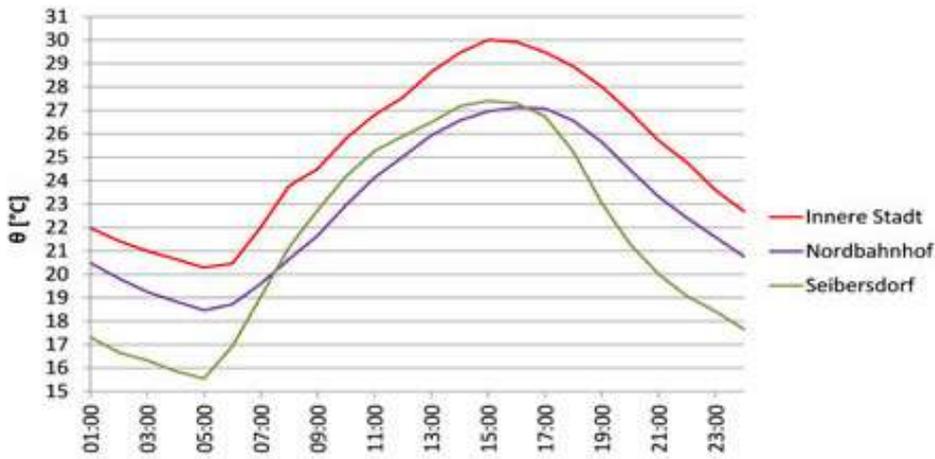


Abb.35: durchschnittliche stündliche Temperatur im Vergleich städtisches und ländliche Gebiet, Sommer 2012

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar. The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Als Hauptursache für die Entstehung städtischer Wärmeinseln wird die Ver- und Überbauung natürlicher Oberflächen gesehen. Natürliche Oberflächen weisen überwiegend Vegetationsbedeckung sowie feuchtigkeitspeichernde Böden auf. Ein Teil der absorbierten Strahlung fördert dadurch Verdunstungsprozesse, was wiederum zur Kühlung der Umgebung beiträgt.<sup>35</sup>

Bebaute Oberflächen hingegen weisen zumeist wärmeabsorbierende Materialien auf, die in vielen Fällen zusätzlich noch wasserundurchlässig sind. Das Niederschlagswasser läuft schnell ab, steht so nicht zur Verdunstung zur Verfügung und letztendlich ist die Verdunstungskühle reduziert. Zusätzlich werden die wärmeabsorbierenden Oberflächen durch die Geometrie der Gebäude vergrößert. Die vertikalen Gebäudeflächen nehmen sowohl die direkte Sonneneinstrahlung als auch die von anderen Gebäudeoberflächen reflektierte Strahlung auf.<sup>35</sup>

Weitere Faktoren, die den städtischen Wärmeinsellekt verstärken, sind die flächenmäßige Abnahme und Fragmentierung von städtischen Grünflächen, sowie die Produktion von Abwärme bei industriellen Prozessen, Klimaanlage und Kraftfahrzeugen. Außerdem wird durch die Bebauung die Oberflächenrauigkeit erhöht, was zu einer Verringerung der Windgeschwindigkeit führt. In vielen Fällen verhindert die Bebauung zusätzlich Kaltluftströme aus der unbebauten Umgebung in die Siedlungs- oder Stadtgebiete.<sup>35</sup>

Erkennen lassen sich sehr oft „hot points“, wie großflächig versiegelte Parkplätze oder Industriegebiete, aber auch „cold points“ wie Parkanlagen, landwirtschaftliche Flächen und Gewässer. Generell kann davon ausgegangen werden, dass die Temperatur vom Stadtrand zur Stadtmitte zunimmt.<sup>35</sup>

Zeitlich gesehen ist der größte Wärmeinsellekt in windstillen und wolkenlosen Sommernächten zu verzeichnen. Die meisten Baumaterialien wirken aufgrund ihrer starken Speichermassen als Wärmespeicher und strahlen nach Sonnenuntergang ihre Wärme in die Umgebung ab, oft sogar bis in die Morgenstunden.

In nicht bebauten Landschaften hingegen sind zu diesem Zeitpunkt die Erdoberflächen abgekühlt, da der wolkenlose Himmel die Wärmeabstrahlung begünstigt und die Ausgangstemperatur im Vergleich zu bebauten Gebieten niedriger war.<sup>35</sup>

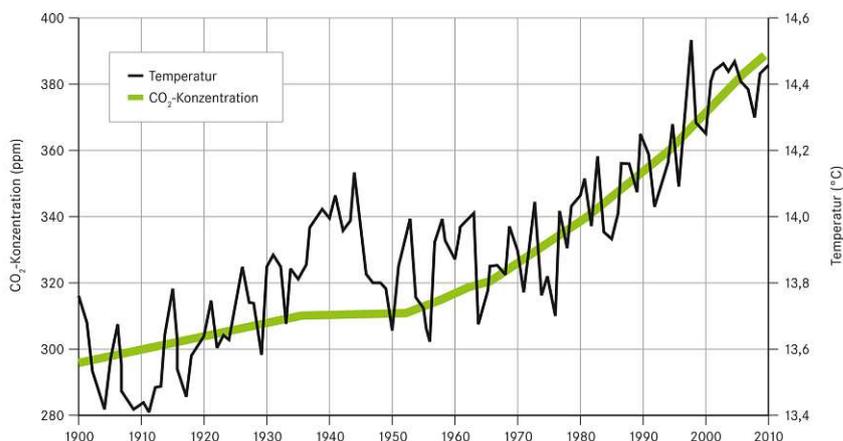


Abb.36: Durchschnittstemperatur und CO<sup>2</sup>-Konzentration zwischen 1900 und 2010

### Globale Erwärmung

Folgt man der Wissenschaft, zeigt sich, dass die Zahlen und Prognosen zur Erderwärmung in immer kürzeren Abständen nach oben korrigiert werden müssen. So gehören alle 19 Jahre seit 2001 zu den 20 wärmsten Jahren seit Aufzeichnung der Wetterdaten. Schon 2018 hat sich der Internationale Klimarat IPCC1 von dem Ziel verabschiedet die Erderwärmung bis zum Jahr 2100 nicht über 1,5 Grad Celsius ansteigen zu lassen: „Die globale Erwärmung erreicht 1,5 °C wahrscheinlich zwischen 2030 und 2052, wenn sie mit der aktuellen Geschwindigkeit weiter zunimmt.“<sup>36</sup>

„Laut der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) ist das globale Temperaturmittel gegenüber dem vorindustriellen Vergleichszeitraum zwischen 1850 und 1900 aktuell um 1,1 Grad Celsius gestiegen (WMO 2020a) und wird mit einer zwanzigprozentigen Wahrscheinlichkeit im Zeitraum bis 2024 auf 1,5 Grad Celsius ansteigen. In Deutschland wird laut Deutschem Wetterdienst (DWD) schon 2030 eine Erwärmung um zwei Grad Celsius gegenüber dem Bezugszeitraum von 1981 bis 2010 erreicht werden.“<sup>36</sup>

„Der Wandel des globalen Klimas beruht grundsätzlich auf einer Änderung des Strahlungsantriebs (Energiebilanz der Erde), welcher durch die Konzentration von Treibhausgasen, variierende Sonneneinstrahlung und das Rückstrahlverhalten der Erde beeinflusst wird. Treibhausgase, wie z. B. Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>) und Stickstoffdioxid (N<sub>2</sub>O), absorbieren die langwellige infrarote Wärmestrahlung, die von der Erdoberfläche ausgesendet wird und in den Weltraum abgestrahlt werden würde. Dieser Effekt – der Treibhauseffekt – bewirkt grundsätzlich, dass die Erde ein Klima aufweist, das Leben ermöglicht.“

Abrupte Veränderungen des Klimasystems können z. B. durch Vulkanausbrüche und Meteoriteneinschläge hervorgerufen werden, aber auch Anomalien in der atmosphärischen Zirkulation oder von Meeresströmungen, wie z.B. während der „Mittelalterlichen Warmzeit“, können das Klima regional oder global prägen.“<sup>37</sup>

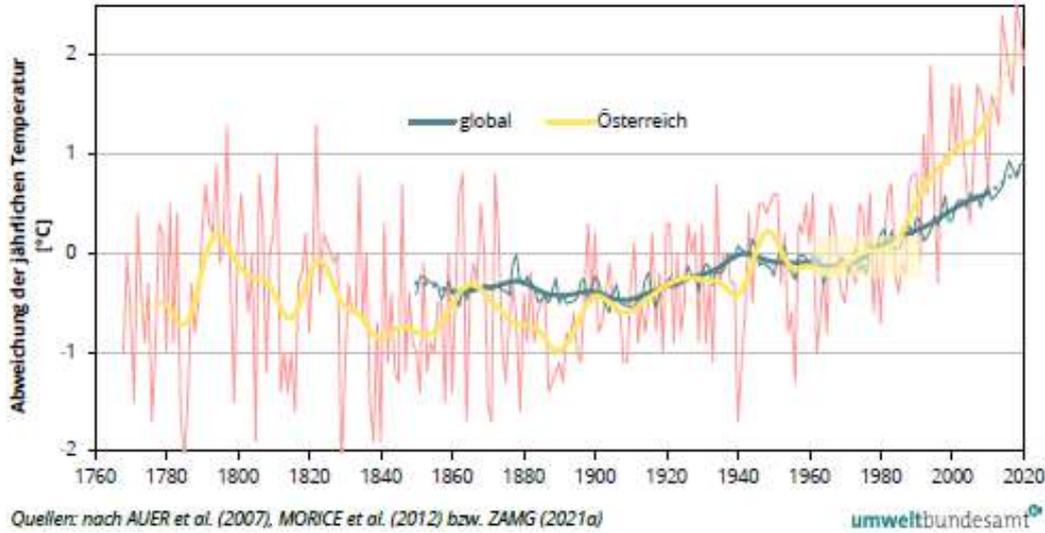


Abb.37: Abweichungen zur mittleren Temperatur der Jahre 1961 bis 1990

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar. The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Die Klimaerwärmung ist auch schon heute in Österreich messbar. Besonders der Alpenraum ist betroffen, hier liegt der Temperaturzuwachs etwa doppelt so hoch wie im globalen Mittel (APCC 2014). Verantwortlich dafür ist, dass sich die Luft über Landflächen generell rascher erwärmt als über thermisch trägeren Ozeanen. Innerhalb von Österreich verläuft der Temperaturanstieg relativ homogen. Nennenswerte Unterschiede in der Temperaturentwicklung gab es weder regional betrachtet noch im Vergleich zwischen tiefen und hohen Lagen.<sup>37</sup>

Das Jahr 2020 war das fünftwärmste Jahr in Österreich seit Beginn der 253-jährigen Messgeschichte (Jahr 1786) und lag mit einer Durchschnittstemperatur von 8,2 °C etwa 2,1 °C über dem Bezugszeitraum 1961–1990. Abgesehen von 1994 reihen sich die 15 wärmsten Jahre seit Messbeginn nach dem Jahr 2000 ein.<sup>37</sup>

Klimaszenarien für Österreich berechnen deutliche Anstiege der jährlichen, wie auch der saisonalen Mitteltemperatur in ganz Österreich. Bis 2050 zeigen Szenarien einen ähnlichen Anstieg der Jahresdurchschnittstemperatur von etwa 1,3 °C bis 1,4 °C. Bis zum Ende des 21. Jahrhunderts wird österreichweit ein Temperaturanstieg von 2,3°C bis 4,0 °C erwartet.<sup>37</sup>

Die Folgen dieser Klimaerwärmung sind vielfältig und auch in Österreich spürbar. Beispielsweise nehmen die Hitzetage immer weiter zu, ebenso die Tropennächte. Dadurch ändern sich auch die Vegetationsperioden und wärmeliebende Schädlinge, wie Borkenkäfer vermehren sich sehr stark. Dies hat bereits heute extreme Folgen für die Waldflächen Österreichs. Auch auf die Niederschläge hat die Erwärmung eine Auswirkung. Wie in den letzten Jahren bereits gemerkt, kommt es immer häufiger zu lokalen Starkregenereignissen, dadurch entstehen sehr oft Steinrutsche oder Muren. Auch im Winter kommt es durch die Erwärmung vermehrt zu Niederschlägen in Form von Regen und zu weniger Schneefall.

Klimaindex		2020	1961–1990	Abweichung
Sommertage (25 °C)	[d]	76	52	+24
Hitzetage (30 °C)	[d]	21	10	+11
Tropennächte (20 °C)	[d]	0	2	-2
Hitzeperiode (Kyselý-Tage)	[d]	16	6	+10
Kühlgradtagzahl	[°C]	172	78	+94
Vegetationsperiode (5 °C)	[d]	285	243	+42
<hr/>				
Frosttage (0 °C)	[d]	42	72	-30
Heizgradtagzahl	[°C]	2530	3143	-613
<hr/>				
Niederschlagstage (1 mm)	[d]	91	95	-4
max. 5-Tages-Niederschlag	[mm]	93	65	+28

Abb.38: Klimaindex der Stadt Wien aus dem Jahr 2020 verglichen mit dem langjährigen Durchschnitt

#### Klimabericht 2020 Stadt Wien

Auch in der Stadt Wien sind die Auswirkungen des Klimawandels bereits klar ersichtlich.

Die Anzahl der Sommertage und der Hitzetage war im Jahr 2020 beispielsweise erheblich höher als im langjährigen Mittel.

Ebenso wurde im Jahr 2020 im Flächenmittel über Wien eine mittlere Lufttemperatur von 12,0 °C verzeichnet. Am kältesten war es dabei mit unter 11 °C auf den Erhebungen des Wienerwaldes, am wärmsten mit über 13 °C in der Innenstadt. Somit lag die Lufttemperatur im Vergleich zum Mittelwert des Bezugszeitraumes 1961–1990 deutlich zu hoch, im Schnitt um 2,0 °C. Geringfügig niedriger fiel die relative Abweichung in Richtung Süden, etwas höher in Richtung Nordwesten aus.<sup>38</sup>

Die Jahressumme des gemessenen Niederschlags wird über Wien auf rund 700 mm geschätzt. Am wenigsten regnete und schneite es am südlichen Stadtrand, wo sich kaum 600 mm über das Jahr summieren. Für den Wienerwald werden hingegen 800 bis 900 mm Niederschlag angenommen. Somit wurde der Erwartungswert überall überschritten, im Mittel um 16 %, nach Süden hin etwas weniger, nach Norden hin etwas mehr.<sup>38</sup>

Gemittelt über Wien kamen 2020 rund 2010 Sonnenstunden zusammen, was einem über das Stadtgebiet gemittelten Überschuss von etwa 15 % entspricht. Im Stadtzentrum schien die Sonne mit etwa 2100 Stunden etwa 100 bis 200 Stunden länger als in den Wienerwaldbezirken.<sup>38</sup>

### 3.0

## ARTEN DER DACHBEGRÜNUNG

„Unter Dachbegrünung versteht man die Begrünung eines Bauwerkes durch Einrichtung einer Vegetationsschicht.“<sup>39</sup>

Da wie im letzten Kapitel dargestellt, Gärten und auch andere Grünflächen immer weiter abnehmen, können Dachbegrünungen wichtige positive Wirkungen übernehmen. Mit Dachbegrünungen kann durch einfache Mitteln der Natur ein Stück Natur zurückgegeben werden. Unter anderem dienen sie als Lebensraum für viele Tierarten. Aber auch ästhetisch machen Gründächer eine gute Figur.<sup>40</sup>

Grundsätzlich gibt es zwei Arten von Dachbegrünungen, die extensive Dachbegrünung und die intensive Dachbegrünung. Mittlerweile gibt es allerdings viele weitere Untergruppen, welche sich teilweise auch zwischen extensiven und intensiven Dachbegrünungen ansiedeln. Die beiden Arten unterscheiden sich vor allem durch die Nutzbarkeit der Dachfläche, den Pflegeaufwand und auch die Aufbauhöhe.

#### Extensive Dachbegrünungen

Bei extensiven Dachbegrünungen spricht man von Aufbauten mit einer Substrathöhe von bis zu 12cm. Dadurch ist auch die Wasserversorgung im Vergleich zu intensiven Dachbegrünungen geringer und somit eingeschränkt. Diese Besonderheiten müssen auch bei der Pflanzenwahl berücksichtigt werden. Die Pflanzen der Begrünung müssen genügend, anpassungsfähig und auch regenerationsfähig sein. Im Vergleich zur Bepflanzung bei intensiven Dachbegrünungen ist bei jenen von extensiven Begrünungen wesentlich weniger Pflegeaufwand nötig. Bei vielen Begrünungen reicht eine jährliche Wartung. Die geringe Aufbauhöhe ist allerdings durch das geringere Gewicht von großem Vorteil. Vor allem bei Sanierungen und damit verbundenen Begrünungen von bestehenden Dachflächen, da dadurch keine statischen Ertüchtigungen notwendig sind.

„Extensive Dachbegrünungen kommen vorwiegend bei nicht benutzbaren oder auch kleinen Dachflächen zum Einsatz. Wie z.B. Flachdächer, Fabrikhallen, Schrägdächer aber auch bei Garagen und Carports. Unterstellflächen für z.B. Mülltonnen werden ebenfalls gern extensiv begrünt, da an diesen Stellen häufig niedrige Pflanzen wie Stauden und Kräuter gepflanzt werden.“<sup>41</sup>

#### Intensive Dachbegrünungen

Bei intensiven Dachbegrünungen kommen Substratschichten von über 20cm Höhe zum Einsatz. Diese gehen auch oft über eine Höhe von einem Meter hinaus. Damit besteht bei intensiven Dachbegrünungen auch die Möglichkeit Dachparks und Dachgärten mit Bäumen und Sträucher auszuführen. Auch die Bandbreite an möglichen Pflanzen ist um einiges höher als bei der extensiven Begrünung. Da intensive Begrünungen auch oft mit Bewässerungen versehen werden spielen auch lange Hitzeperioden weniger Rolle. Durch diese Gestaltungsmöglichkeiten werden diese Dächer mit intensiven Begrünungen sehr oft als Dachgärten ausgeführt, welche für Personen nutzbar sind.

„Intensive Dachbegrünung wird vorwiegend bei Dachgärten und benutzten Dächern verwendet. Hier geht es nicht nur um eine möglichst effiziente Begrünung, sondern auch um Schönheit und Pflanzenvielfalt. Bei der Intensivbegrünung wird das Dachsubstrat dicker als 20 cm aufgetragen. Durch diese dicke Substratschicht können bei der Dachbegrünung auch Pflanzen verwendet werden, welche hinsichtlich Wasser- und Nährstoffversorgung anspruchsvoller sind. Im Gegensatz zur extensiven Dachbegrünung können hier auch Sträucher und Bäume verwendet werden. Die intensive Dachbegrünung ist aufgrund ihrer nahezu uneingeschränkten Pflanzenvielfalt und der regelmäßigen Nutzung der Dachfläche mit einer bodengebundenen Grün- oder Gartenfläche vergleichbar. Allerdings benötigt eine Intensivbegrünung sehr viel Pflege und ist auch mit höheren Kosten verbunden.“<sup>41</sup>

#### Weitere Dachbegrünungen

Diverse Dachbegrünungssysteme und deren Aufbauhöhe fallen zwischen extensiven und intensiven Dachbegrünungen. Beispielsweise die naturnahen Dachbegrünungen, welche von diversen Dachbegrünungsfirmen auch als Systemlösungen angeboten werden. Diese weisen eine Substrathöhe von etwa 15 bis 20cm auf. Die Pflanzenauswahl ist ähnlich zu extensiven Dachbegrünungen und gestaltet sehr oft natürliche Wiesen nach.

39 BOKU, 2021, S.16  
40 Optigrün, 2023  
41 dach-begrueung.de, 2023

41 dach-begrueung.de, 2023

## 3.1

# GRUNDLAGEN FÜR DACHBEGRÜNUNGEN

### Ö-Normen

Das rechtliche Grundgerüst für Dachbegrünungen bildet die ÖNORM L 1131:

„Gartengestaltung und Landschaftsbau - Begrünungen von Dächern und Decken auf Bauwerken, Anforderungen an Planung, Ausführung und Erhaltung.“

Geregelt werden darin unter anderem Punkte wie:

- Begrünungsarten und Ausbildungsformen
  - Voraussetzungen für Bauwerksbegrünungen
  - Bautechnische Erfordernisse
  - Anforderungen an den Aufbau
- und viele mehr.

Bei der Ausführung von Dachbegrünungen sind weitere Normen zu beachten, beispielsweise die ÖNORM B 1991-1-4 Einwirkung auf Tragwerke, ÖNORM B 2209-1 und 2 Abdichtungsarbeiten, ÖNORM B 2241 Gartengestaltung und Landschaftsbau, ÖNORM B 2501 Entwässerungsanlagen für Gebäude, ÖNORM EN 795 Schutz gegen Absturz, oder ÖNORM L 1110 Pflanzen-Güteanforderungen, Sortierbestimmungen um nur einen Auszug zu nennen.

Diese Normen werden in der vorliegenden Arbeit allerdings nicht genauer betrachtet, da die Grundlegenden Regelungen durch die ÖNORM L 1131 getroffen werden und alle weiteren Normen lediglich Punkte regeln die auch, aber nicht nur, bei Dachbegrünungen zu beachten sind.

### Begriffsbestimmung laut ÖNORM L 1131

Um eine Übersichtlichkeit der verwendeten Begriffe und Fachbestimmungen in dieser Arbeit zu gewährleisten werden diese an die in Österreich geltenden Normen und Richtlinien angelehnt.

Auch hier bildet die ÖNORM L 1131 das Basiswerk. Die wichtigsten Definitionen sind dabei jene der einzelnen Schichten der Dachaufbauten, aus jenen die Dachbegrünung in der Regel aufgebaut wird. Diese werden wie folgt definiert:

#### *Vegetationstragschicht*

„Schicht, die aufgrund ihrer physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften die Grundlage für das Pflanzenwachstum bildet“<sup>42</sup>

#### *Filterschicht*

„Schicht, die ein Ausschlämmen von Teilen der Vegetationstragschicht verhindert“<sup>42</sup>

#### *Dränschicht*

„Schicht, die infolge ihres Hohlraumvolumens das Überschusswasser aufnimmt und es zu den Entwässerungseinrichtungen führt“<sup>42</sup>

#### *Schutzschicht*

„Schicht zum dauerhaften Schutz einer Abdichtung gegen mechanische Beanspruchung  
Die Schutzschicht kann bei entsprechender Beschaffenheit gleichzeitig auch andere Funktionen übernehmen.“<sup>42</sup>

#### *Durchwurzelungsschutz*

„Funktion einer Schicht, die eine Beschädigungen der Abdichtung durch Wurzeln verhindert“<sup>42</sup>

#### *Trennschicht*

„Schicht zur Trennung von angrenzenden Bauteilen oder Materialien“<sup>42</sup>

Die ÖNORM soll Grundsätze und Anforderungen für die Begrünung von Bauwerken vermitteln und ist sowohl für allgemein Interessierte, als auch Fachleute erstellt. Sie beschreibt sowohl die Bauweisen als auch die zur Anwendung kommenden Baustoffe und Bepflanzungen.<sup>42</sup>

## Anwendungsbereich

Die ÖNORM gilt für die Planung, Ausführung und Erhaltung von Dachbegrünungen, auf zum Beispiel Tiefgaragen oder Hochbauten.

Nicht in der ÖNORM L 1131 berücksichtigt werden Dachbegrünungen auf Dächern mit einer Neigung von über 30° und Dachbegrünungen mit einer durchwurzelbaren Schicht von über 120cm.<sup>42</sup>

## Anmerkungen

Da das Themengebiet der Dachbegrünung in keinen weiteren Ö-Normen behandelt wird gibt es keine Regelungen zu Dachbegrünungen mit einem Gefälle von über 30°. Diese wären allerdings mit Hilfe von Sicherungssystemen gegen Abrutschen der Substratschicht ohne weiteres ausführbar. Ebenso werden Begrünungen mit einem durchwurzelbaren Raum von über 120cm Dicke bei intensiven Begrünungen des öfteren ausgeführt. Somit wäre eine Ergänzung dieser Dachflächen für die nächste Überarbeitung wünschenswert, um auch für diese Ausführungen ein rechtliches Grundgerüst zur Verfügung zu haben.

## Begrünungsarten

Bei den Vegetationsarten laut ÖNORM L 1131 handelt es sich um Intensivbegrünung, reduzierte Intensivbegrünung, Extensivbegrünung und reduzierte Extensivbegrünung.

Intensivbegrünungen umfassen Rasen-, Stauden- und Gehölzflächen, im Einzelfall auch Bäume. Mögliche Gestaltungen sind vergleichbar mit natürlich gewachsenem Boden. Die zur Verwendung kommenden Pflanzen benötigen im Normalfall eine hohe Vegetationsschicht. Diese unterscheidet die intensive von der extensiven Dachbegrünung. Ebenso benötigen sie eine höhere Wasser- und ach Nährstoffversorgung. Auch eine Dauerhafte Pflege der Dachflächen ist notwendig. Der Pflegeintervall ist auch von den eingesetzten Pflanzen abhängig.<sup>42</sup>

Die reduzierte Intensivbegrünung umfasst bodendeckende Begrünungen mit Gräsern, Stauden oder Gehölzen. Hierbei handelt es sich um eine Zwischenform der extensiven und intensiven Dachbegrünung. Die Möglichkeiten sind im Vergleich zur intensiven Begrünung eingeschränkt, Bepflanzungen welche einen hohen Substrataufbau benötigen können nicht verwendet werden. Auch Bewässerung und Nährstoffversorgung sind nur noch in reduzierter Form vorhanden. Es sind beispielsweise Pflanzengesellschaften aus Gehölzern, Gehölzer-Stauden, oder Gräser-Kräuter möglich.<sup>42</sup>

*Auch in der ÖNORM L1131 findet sich eine Definition zur Extensivbegrünung wieder.*

*„Extensivbegrünungen sind Vegetationsformen, die sich weitgehend selbst erhalten und weiterentwickeln. Es werden Pflanzen mit besonderer Anpassung an die extremen Standortbedingungen und mit hoher Regenerationsfähigkeit verwendet, wobei sich auch andere Pflanzenarten ansiedeln können.“ Die weitgehend geschlossenen flächigen Vegetationsbestände werden aus Moosen, Sukkulenten, Kräutern und Gräsern gebildet.“<sup>42</sup>*

Die Pflege von extensiven Dachbegrünungen umfasst vor allem eine Anwuchs- und Entwicklungspflege. Dabei sind Zusatzbewässerungen und entwicklungsbezogene Nährstoffversorgungen notwendig. Die restlichen Wartungen beschränken sich auf Kontrollgänge, ein oder zweimal pro Jahr. Die bodendeckenden Bepflanzungen setzen sich vor allem aus Gräsern, Kräutern, Sedum und Moosen zusammen.<sup>42</sup>

Die reduzierte Extensivbegrünung ist mit einem noch dünneren Schichtaufbau versehen. Auch die Wasser- und Nährstoffaufnahme ist dadurch begrenzt, was auch eine geringere Auswahl an einsetzbaren Pflanzen mit sich trägt. Die Bepflanzung besteht aus Sedum und Moosen. Die Aufbauten sind nicht begehbar, außer zu Kontrollgängen und zur Wartung.<sup>42</sup>

Voraussetzungen für Bauwerksbegrünungen

Eine Voraussetzung ist die Abdichtung der Gebäude. Diese wird näherer in der ÖNORM B 7220 und ÖNORM B 7209 definiert.

Ebenso sind die notwendigen Gefälle einzuhalten. Bei einschichtigen Aufbauten beträgt das Mindestgefälle 3%, bei Anstaubewässerungen 2%. Wird dieses unterschritten ist eine hydraulisch wirksame Dränschicht vorzusehen. Bei einem Gefälle über 5% ist ein Schichtaufbau mit erhöhtem Wasserspeichervermögen notwendig.<sup>42</sup>

Die Anstaubewässerung ist ein geschlossenes Bewässerungssystem. Es funktioniert nach dem Prinzip von Ebbe und Flut. Die Flut herrscht sinngemäß nach dem Regen oder der Bewässerung, die Ebbe in den Trockenzeiten. Bei einer Anstaubewässerung wird das Wasser in der Drainschicht gespeichert, weshalb die verwendeten Baustoffe über ein großes Wasseraufnahmepotential verfügen müssen. Ebenfalls muss ein kapillarer Wasseraufstieg möglich sein.<sup>43,44</sup>

Des Weiteren sind diverse Sicherungsmaßnahmen vorzusehen.

Bei einem Gefälle von mehr als 9%, zirka 5°, sind der Durchwurzelungsschutz und die Abdichtung gegen Abrutschen zu sichern. Ab einem Gefälle von 26%, zirka 15°, ist die gesamte Dachbegrünung gegen Abrutschen zu sichern. Sollte der Aufbau ein Gefälle über 40%, zirka 20° haben, ist der Aufbau durch zusätzliche Maßnahmen zu fixieren.<sup>42</sup>

Begrünbare Bauwerke

Unter diesem Punkt wird in der Ö NORM auf die wohl wichtigsten konstruktiven Punkte bei Dachbegrünungen verwiesen.

Einerseits auf die statische Eignung des Gebäudes beziehungsweise der tragenden Dachfläche, andererseits auch auf die bauphysikalischen Eigenschaften. Im speziellen im Hinblick auf Wasser und Wasserdampf, welche Gebäude und den darin lebenden Personen durchaus Schaden können.

Ebenso ist auf die Eignung und Wirkung der Schichten im Bezug auf die Tragfähigkeit zu achten. Auch das Verhalten von Wasserdampfdiffusion und Kondensat ist bereits in der Planung zu beachten.<sup>42</sup>

Bei Kaltdächern ist auf die Tragfähigkeit der oberen Schale, jener über der Durchlüftungsschicht, zu achten. Ebenfalls wichtig ist, dass die bauphysikalischen Vorgänge auch durch den Kühleffekt der Begrünung beeinflusst werden und berücksichtigt werden müssen.

Sowohl bei Warmdächern, als auch bei Umkehrdächern sind alle Formen von Gründachaufbauten möglich. Wie bei allen Konstruktionen ist auch hier auf die Tragfähigkeit der einzelnen Komponenten und dem Gesamtaufbau zu achten. Wichtig ist ebenso eine ausreichende Belastbarkeit des Dämmstoffes.

Bei Umkehrdächern darf eine Anstaubewässerung nicht ausgeführt werden. Eine wasserspeichernde Drainschicht muss mindesten 5cm dick sein und ober- und unterhalb diffusionsoffene Filtervliese verlegt werden. Ebenso ist eine entsprechende Dampfdiffusion nach außen sicherzustellen.

Bei einschaligen Konstruktionen, ohne Wärmedämmung, können alle Arten von Dachbegrünungen ausgeführt werden. Diese Art der Dachkonstruktion, sehr oft eingesetzt bei Parkhäusern oder sonstigen unbeheizten Gebäuden, ist ebenso für sehr hohe Vegetationsschichten und die damit verbundenen hohen Nutzlasten sehr gut geeignet. Diese sind in den statischen Berechnungen zu berücksichtigen.<sup>42</sup>

42 ÖNORM L1131, 2010, 7 f.  
43 Universität Hamburg, 2022  
44 Wiener Umweltschutzabteilung, 2021, 63.

42 ÖNORM L1131, 2010, 8 f.

## Lastannahmen

Ein wesentlicher Punkt bei der Lastannahme von Gründächern ist die Wasserspeicherung. Die Annahme hat bei maximaler Wasseraufnahme, auch bei Anstaubewässerung, zu erfolgen. Ebenso sind die Flächenlast der Vegetation, auch die Punktlasten von Großsträuchern, Bäumen und konstruktiven Bauelementen zu berücksichtigen.<sup>42</sup>

## Windsoglasten

Die Windsoglasten sind ein wesentlicher Punkt bei der Lastannahme. Durch die Oberfläche der Pflanzen, besonders durch große Sträucher und Bäume, entstehen zusätzliche Windsoglasten. Die Bepflanzung ist daher auch vor Abheben zu schützen. Im fertigen Zustand müssen durch den Begrünungsaufbau die nötigen Lasten gegeben sein, die ein Abheben der Bepflanzung verhindern können. Dies muss auch der Fall sein, wenn der Begrünungsaufbau komplett ausgetrocknet ist. Eine zusätzliche Lagesicherheit kann zum Beispiel durch verspannte Netze gewährleistet werden.<sup>42</sup>

## Entwässerung

Eine Entwässerung aller Flächen ist sicherzustellen, der Wasserablauf muss durch jede Schicht des Aufbaus gewährleistet sein. In absonnigen Bereichen können stärker dimensionierte Dränschichten erforderlich sein. Die Abflussbeiwerte bei den unterschiedlichen Aufbauten unterscheiden sich sehr stark und sind abhängig von der Schichtdicke, also dem durchwurzelbaren Raum. Sie sind in der ÖNORM folgendermaßen definiert:

- für Intensivbegrünungen  
ab 25 cm Schichtdicke  $\phi = 0,1$
- für Begrünungen  
ab 10 cm Schichtdicke  $\phi = 0,3$
- für reduzierte Extensivbegrünungen  
ab 8 cm Schichtdicke  $\phi = 0,5$ <sup>42</sup>

## Bewässerung

*„Die Nutzung des frei verfügbaren Niederschlagswassers bildet die Grundlage der Wasserversorgung von Bauwerksbegrünungen.*

*Eine Zusatzbewässerung ist bei reduzierten Intensivbegrünungen vorzusehen und bei Intensivbegrünungen regelmäßig erforderlich. Bei einer Lage im Regenschatten oder im Umfeld von Ablufteinrichtungen kann eine Zusatzbewässerung bei allen Begrünungsarten notwendig sein.“<sup>42</sup>*

## Wurzelfeste Abdichtung

Der untere Dachaufbau, wie Wärmedämmung, Dampfbremse oder Dampfsperre und auch die Tragschicht, egal ob Stahlbeton, Holzkonstruktion oder ähnlichen muss vor den Wurzeln der Bepflanzung des Gründaches geschützt werden.

Dies geschieht entweder durch einen in die Abdichtung integrierten Wurzelschutz, oder über eine eigene Lage die diese Aufgabe übernimmt. Diese muss oberhalb der Abdichtung platziert sein. Bei eigenen Wurzelschutzschichten sind diese ordnungsgemäß an Stößen zu verbinden.

Der Durchwurzelungsschutz ist sowohl bei intensiven als auch bei extensiven Begrünungen notwendig. Ist nur ein Teil einer durchgängigen Dachfläche begrünt muss trotzdem die gesamte Dachfläche über einen Durchwurzelungsschutz verfügen.

Bei großen Bepflanzungen, wie Bäume oder Sträucher, sind ebenso die Wurzeldruckkräfte einzuplanen. Als Annahme muss jene Kraft der Endwuchsgröße der Pflanzen herangezogen werden. Falls es bei den verwendeten Pflanzen zu Rhizomwachstum kommt sind auch dafür Schutzmaßnahmen zu treffen.<sup>42</sup>

Bei einem Rhizom handelt es sich zum Beispiel um einen Wurzelstock oder andere meist unterirdisch wachsende Sprossachsen. Diese dienen der Speicherung von Nährstoffen und der Fortpflanzung.<sup>45</sup>

## Schutz vor mechanischen Beschädigungen

Zum Schutz für die Dachabdichtung können Schutzvliese, Schutzplatten oder Schutzbahnen, Dränplatten oder Dränmatten, oder Hartschaumstoffplatten verwendet werden.

Bei Schichten aus Beton oder Estrich ist darunter eine Drainageschicht notwendig. Allerdings ist von vollflächigen Schutzschichten aus Beton oder Estrich bei Dachbegrünungen aufgrund der Gefahr von Versinterungen von Entwässerungseinrichtungen durch alkalische Auswaschungen abzuweichen.<sup>42</sup>

Unter Versinterung versteht man die Ausscheidung von Mineralien aus fließendem Wasser, welche sich krustenbildend am Untergrund ablagern.<sup>46</sup>

Die Art des Schutzes ist abhängig vom gewählten Aufbau, der Bepflanzung und dessen mechanischen Beanspruchung. Die Schutzschichten sind direkt nach der Montage der Dachabdichtung oder des Durchwurzelungsschutzes aufzubringen.<sup>42</sup>

42 ÖNORM L1131, 2010, 10 f.

42 ÖNORM L1131, 2010, 1 f.

45 Spektrum.de, 2000

46 Spektrum.de, 2001

### Entwässerungseinrichtungen

Dachentwässerungen können als Dachabläufe, außen oder innen liegende Entwässerungsrinnen oder Mulden, Dachrinnen, Wasserspeier oder Notüberläufe ausgeführt werden.

Die Abläufe der Entwässerungen sind vor Verunreinigungen und einwachsenden Pflanzen zu schützen, um den Ablauf des Wassers zu gewährleisten. Ebenfalls sind die Dachabläufe durch den Einbau von Kontrollschächten zugänglich zu machen. Rund um Schächte, Abläufe oder Wasserspeier, beziehungsweise entlang von Dachrinnen sind 30 bis 50cm breite Kiesschüttungen einzuplanen, oder gleichwertige Maßnahmen zu setzen.<sup>42</sup>

### An- und Abschlüsse

„Bei An- und Abschlüssen wird unterschieden zwischen

- Anschlüsse an aufgehende Bauteile,
- Anschlüsse an Dachdurchdringungen,
- Abschlüsse an Dachränder,
- Anschlüsse an innen und außen liegende Entwässerungsrinnen,
- Anschlüsse an Tiefzüge.“<sup>42</sup>

Die Wurzelschutzschicht und Abdichtung muss bei An- und Abschlüssen hochgeführt werden. Diese Hochzüge sind ebenso vor mechanischen Beschädigungen zu schützen. Bei nicht genutzten Dächern ist dieser zusätzliche mechanische Schutz nicht erforderlich.

Entlang der Oberfläche von Kiesstreifen, Vegetationsflächen und begehbaren Belägen ist der Wurzelschutz bei allen Dächern mindestens 15cm hochzuziehen. Dies entspricht auch der Regelung von Abdichtungen in anderen Normen. Dies gilt ebenfalls bei allen anderen Aufgehenden Bauteilen und Dachdurchdringungen, wie beispielsweise Lichtkuppeln.

Wie bei den Entwässerungseinrichtungen ist auch hier ein 30 bis 50cm breiter Streifen als Schutz vor der Vegetationsfläche auszuführen. Bei intensiver Begrünung kann dieser Streifen auch den vorbeugenden Brandschutz übernehmen. Der Streifen kann mit Kies oder anderen Baustoffen hergestellt werden.

Bei Kaminen und Abzügen, oder Entlüftungs- und Klimaanlageanlagen ist aufgrund der Emissionen im unmittelbaren Umkreis auf eine geeignete Pflanzenwahl zu achten.

Sind die notwendigen Anschlusshöhen bei nachträglichen Begrünungen nicht einzuhalten, ist eine entsprechende Randeinfassung, also ein Abstand der Vegetationsfläche vom Hochzug einzuplanen.<sup>42</sup> Dieser könnte beispielsweise als Kiesstreifen ausgeführt werden.

### Rutsch- und Schubsicherungen

„Bei Dachneigungen von etwa 26 % bis 40 % sind Schubsicherungen zur lagerungsstabilen Ausbildung der Vegetationstragschichten erforderlich. Auf die stoffliche Beschaffenheit der darunter liegenden Schichten ist zu achten.

Bei Steildächern mit mehr als 40 % Neigung sind in der Regel konstruktive Schubsicherungen anzuordnen, die bereits im Dachabdichtungs-Untergrund zu berücksichtigen sind.

Begrünungen auf Dächern mit einer Dachneigung von mehr als 58 % sind Sonderkonstruktionen und werden in dieser ÖNORM nicht berücksichtigt.“<sup>42</sup>

Eine Dachneigung von 26% entspricht in etwa einer Neigung von 15 Grad. 40% entsprechen umgerechnet zirka 22 Grad und 58% entsprechen 30 Grad. Für Dachbegrünungen auf Dachneigungen mit über 30 Grad gibt es keine Regelungen.

Es wird zwischen bautechnischen und vegetations-technischen Maßnahmen zur Rutsch- und Schubsicherung unterschieden.<sup>42</sup>

Bei bautechnischen Maßnahmen kann es sich um Schubswellen, Schubprofilen, Schubgeweben oder zugfesten Krallschichten handeln.

Bei der Planung sind die auftretenden Belastungen zu berücksichtigen. Eine dauerhafte Befestigung ist vorzusehen. Auf die Abdichtung und den Durchwurzelungsschutz darf keine Schubkraft einwirken.

Bei Rückhalteschwellen ist darauf zu achten, dass diese in regelmäßigen Abständen unterbrochen werden um eine anhaltende Wasseransammlung zu vermeiden.<sup>42</sup>

Als „vegetationstechnische Maßnahme“ bezeichnet man die Ausbildung einer Vegetationsschicht, welche auch unter Wassereinfluss strukturstabil bleibt und somit nicht abrutscht. Dies kann durch Verwendung von geeigneten Kornformen erfolgen, welche sich untereinander verzahnen. Auch auf eine schnelle Durchwurzelung ist zu achten, ebenso können Gitternetze zum Schutz eingeplant werden. Auch eine schnelle Ableitung des Überschusswassers ist wichtig und der Anteil der abschlembaren Materialien muss begrenzt werden.<sup>42</sup>

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar. The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

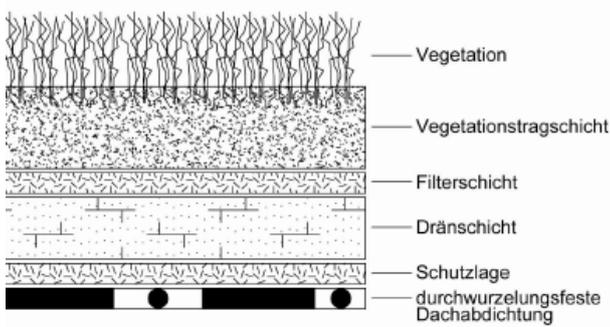


Abb.39: Wurzelschutz in die Abdichtung integriert

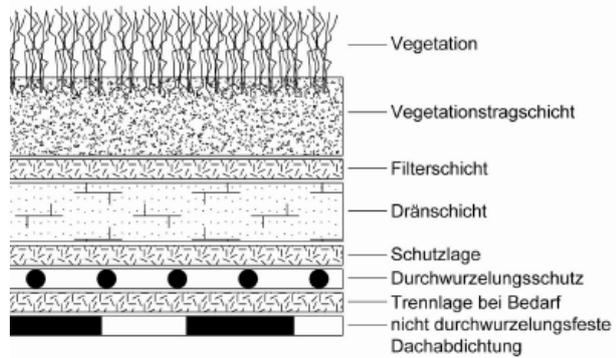


Abb.40: zusätzlicher Durchwurzelungsschutz oberhalb der Ab-

**Schichtaufbau**

„Der Aufbau von Vegetationsflächen besteht in der Regel aus folgenden Funktionsschichten mit material- und bauartspezifischen Unterschieden in der Anordnung, die in ihrer Wirkungsweise aufeinander abzustimmen sind und ausführungstechnisch eine Einheit bilden:

- Vegetation;
- Vegetationstragschicht;
- Filterschicht;
- Dränschicht;
- Schutzschicht;
- Wurzelschutzschicht;
- Trennschicht.“<sup>42</sup>

Aufgrund der unterschiedlichen Möglichkeiten den Durchwurzelungsschutz anzubringen ergeben sich zwei Schichtfolgen, diese sind in den beiden Abbildungen oben dargestellt.

**Schichtdicken**

„Bei der Bemessung von Vegetationstragschicht und Dränschicht sind zu berücksichtigen:

- die Ansprüche der Vegetation,
- die Art der Vegetationstragschicht,
- die Art der Dränschicht,
- die Dachneigung,
- die Art und Anzahl der Dachabläufe,
- die Exposition,
- die regionalen klimatischen Verhältnisse,
- die objektbezogenen Standortbedingungen
- die baustoffspezifischen Flächenlasten.

Im Vergleich zum Gesamtaufbau ist die Dicke der Filterschicht als auch des Durchwurzelungsschutz sehr gering. Daher wird oft nur in Vegetationstragschicht und in Dränschicht unterteilt. Auch die Angabe des durchwurzelbaren Raumes ist zu finden. Hierbei handelt es sich um die Vegetationstragschicht und um die Dränageschicht, allerdings nur wenn die Wasserspeicherefähigkeit dieser mehr als 15% des Volumens beträgt.<sup>42</sup>

„Die angegebenen Schichtdicken entsprechen dem verdichteten bzw. lagerungsstabilen Zustand nach dem Einbau. Das gilt auch für die Angaben in den folgenden Abschnitten, insbesondere für die Dränschicht und die Vegetationstragschicht.“<sup>42</sup>

### Wasserhaushalt von Gründächern

In diesem Kapitel geht es um einen essenziellen Punkt bei Gründächern. Einerseits ist die Wasserbevorratung und die Zusatzbewässerung unheimlich wichtig für das Pflanzenwachstum, andererseits kann die Wasserspeicherung von Gründächern auch einen wesentlichen Anteil an Retentionsflächen in der Stadt bieten und somit die Überflutungsgefahr vermindern.

### Wasserbevorratung

*„Die Wasserversorgung ist bei Dachbegrünungen der die Vegetationsentwicklung primär beeinflussende und begrenzende Faktor. Das zur Wasserbevorratung vorhandene Volumen ist erheblich reduziert, weil aus statischen Gründen und ökonomischen Zwängen die Lastannahmen und Aufbau-dicken möglichst gering gehalten werden.“<sup>42</sup>*

Die Wasserspeicherung bei Gründächern kann in unterschiedlichen Schichten erfolgen, beispielsweise in der Vegetationstragschicht. Dafür werden Wasser speichernde Materialien eingesetzt oder auch vorgefertigte Substratplatten. Ebenso kann die Speicherung in der Dränschicht erfolgen. Durch Verwendung von offenporigen Schüttstoffen oder Dränplatten oder Dränmatten. Auch eine Kombination beider Varianten ist möglich, hierbei erfolgt sowohl in der Vegetationstragschicht eine Speicherung, zusätzlich erfolgt ein flächiger Anstau in den Schüttstoffen der Dränschicht oder in Dränelementen. Je nach Standort und Gründachaufbau gibt es Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Arten der Wasserspeicherung.<sup>42</sup>

### Zusatzbewässerung

Das Niederschlagswasser bildet den Hauptteil der Wasserversorgung von Dachbegrünungen. Zusatzbewässerungen sind ab reduzierten Intensivbegrünungen und dickeren Schichtaufbauten regelmäßig erforderlich. Bei extensiven Begrünungen, ist sie wenn überhaupt nur während der Anwachspflege notwendig.<sup>42</sup>

Maßnahmen	Extensivbegrünung	Intensivbegrünung
Bewässerung nach Erfordernis bis Abnahme	x	
regelmäßige Bewässerung		xx
Folgedüngung	x	xx
Entfernung von Fremdaufwuchs	x	xx
Nacharbeiten von Fugen bei Vegetationsmatten	x	x
Flächenschnitt	o	xx
Gehölzrückschnitt		x
Nachsaat	x	o
Nachpflanzung	x	o
Pflanzenschutz		x
Kontrolle der Entwässerungseinrichtungen	xx	xx
Es bedeutet: x Bedarfsfall xx Regelfall bzw. ständig erforderlich o Ausnahmefall		

Abb.41: Maßnahmen der Anwuchspflege bei Extensivbegrünungen und Intensivbegrünungen

**Anwuchspflege**

Sowohl bei Intensivbegrünungen als auch bei Extensivbegrünungen sind Maßnahmen notwendig, bei einer Intensivbegrünung allerdings in einem viel größeren Ausmaß.

In der Tabelle oben sind die Maßnahmen der Anwuchspflege für Extensiv- und Intensivbegrünung genauer dargestellt. Die Maßnahmen sind abhängig von der Witterung und der Vegetationsentwicklung. Bei extensiven Begrünungen ist folgendes zu beachten.

Maßnahmen wie das Nacharbeiten bei Kahlstellen, die Beseitigung von Fremdwuchs sind bei Extensivbegrünungen erforderlich. Bei Erfordernis ist auch eine Düngung oder das Freihalten von Kiesstreifen notwendig.<sup>42</sup>

**Erhaltungspflege**

Bei der Erhaltungspflege sind unter anderem die Dachabläufe und der Kontrollschächte zu prüfen. Insbesondere sind diese auf Verunreinigungen, Ablagerungen und das Eindringen von Wurzeln, sowie der Standfestigkeit von Einfassungen und sonstigen Bauteilen zu überprüfen.<sup>42</sup>

Bei Intensivbegrünungen ist auf regelmäßige Wasserversorgung, am besten mittels automatischer Bewässerungsanlage zu achten. Ebenso ist eine Versorgung mit Nährstoffen notwendig. Ebenso ist auf eine ausreichende Versorgung mit Nährstoffen zu achten.<sup>42</sup>

Bei Extensivbegrünungen beschränkt sich die Erhaltungspflege im Normalfall auf ein bis zwei Kontrollen pro Jahr. Notwendige Pflegemaßnahmen können eine Versorgung mit Nährstoffen, Entfernen von Fremdgehölzen, Nachsaat oder Nachpflanzen bei Fehlstellen, Pflanzenschnitt, Ergänzung von Substrat oder Freihalten von technischen Einrichtungen oder Kiesstreifen sein.<sup>42</sup>

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar. The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

### Ermittlung der Standortqualität für die Vegetation

*„Die Ermittlung der Standortqualität für die Vegetation ist eine wesentliche Voraussetzung für den dauerhaften Erfolg einer Dachbegrünung.“<sup>42</sup>*

Wichtig dabei sind beispielsweise witterungsbedingte, bauwerksspezifische und pflanzenspezifische Faktoren.

Witterungsbedingt Faktoren sind unter anderem das regionale und örtliche Klima, die Verteilung und Menge der Niederschläge, die Sonnendauer, die Windverhältnisse und die Frostperioden und Schneelagen.

Bauwerkspezifische Einflüsse sind die Lage, sonnig oder schattig, das Ablenken von Niederschlägen durch Vordächer oder ähnlichem, die Neigung der Dachfläche, oder die höchstzulässige Dicke des Aufbaus, welche durch die Lastannahme oder baukonstruktiv eingeschränkt werden kann.

Um die richtigen Pflanzen zu wählen, sind unter anderem Einflüsse wie Frostgefährdung, Windfestigkeit, Hitzeresistenz und die Empfindlichkeit gegen Abgase durch Fahrzeuge oder Gebäude zu beachten.<sup>42</sup>

Begrünungsart	Gesamtdicke des Begrünungsaufbaues
Intensivbegrünungen hoher Pflegeaufwand, regelmäßige Bewässerung	
Rasen	≥ 20 cm
niedrige Stauden-Gehölz-Begrünungen	≥ 20 cm
mittelhohe Stauden-Gehölz-Begrünungen	≥ 25 cm
höhere Stauden-Gehölz-Begrünungen	≥ 35 cm
Solitärsträucher und Kleinbäume	≥ 50 cm
Bäume	≥ 80 cm
reduzierte Intensivbegrünungen mittlerer Pflegeaufwand, in Trockenperioden ausreichende Bewässerung	
Wildstauden-Gehölz-Begrünungen	≥ 15 cm
Stauden-Gehölz-Begrünungen	≥ 20 cm
Gehölz-Begrünungen	≥ 25 cm
Extensivbegrünungen geringer Pflegeaufwand, ohne zusätzliche Bewässerung	
Sedum-Moos-Kraut-Begrünungen	≥ 10 cm
Sedum-Gras-Kraut-Begrünungen	≥ 12 cm
Gras-Kraut-Begrünungen	≥ 19 cm
reduzierte Extensivbegrünungen geringer Pflegeaufwand, ohne zusätzliche Bewässerung	
Sedum-Moos-Begrünungen	≥ 8 cm

Abb.42: Mindestbegrünungs-Aufbaudicke bei verschiedenen Begrünungsarten und Dachneigungen von bis zu 5%

**Bewertungsmodell für Dachbegrünungen nach ÖNORM L 1131**

In Anhang A der ÖNORM L 1131 findet man ein Bewertungsmodell für Dachbegrünungen. Basis für dieses Modell ist die ÖNORM selbst und die darin beschriebenen vier Begrünungsarten.

**Grundpunkteanzahl**

„Die Bewertung der Dachbegrünungen erfolgt über die Grundpunkteanzahl pro m2.“

Die Basis der Punkteanzahl stellt die Dicke der durchwurzelbaren Schicht(en) dar.<sup>42</sup>

„Als durchwurzelbarer Raum gelten die für die Vegetation nutzbaren Teile des Begrünungsaufbaues, das sind die Vegetationstragschicht und die Dränageschicht, sofern die Dränageschicht mehr als 15 % des Volumens Wasser speichern kann.“

Der durchwurzelbare Raum in Zentimeter wird für den Erhalt der Grundpunkteanzahl mit dem Faktor zehn multipliziert. Ein Aufbau von zehn Zentimeter durchwurzelbarem Raum ergibt somit eine Grundpunkteanzahl von 100.<sup>42</sup>

In der Tabelle oben sind die jeweiligen Mindestdicken der Aufbauten angegeben.

Ebenso gibt es qualitative Mindestanforderungen. Die maximale Wasserspeicherkapazität des Gesamtaufbaus, den Gehalt an organischer Substanz im Vegetationssubstrat, die Anzahl der Pflanzenarten bei Extensivbegrünungen und das Grünvolumen pro Quadratmeter, ebenfalls bei Intensivbegrünungen.<sup>42</sup>

Die Tabellen rechts erklären die genauen Punktezuschläge- und Abschläge laut ÖNORM L 1131.

Die Mindestanzahl an Pflanzenarten bei einer extensiven Dachbegrünung mit Moos-Sedum-Begrünung beträgt beispielsweise 8 Arten auf zehn Quadratmetern.

Die Pflanzen können je nach Standort und Ausbildungsform der Begrünung aus Wildpflanzen, eingebürgerten Arten und geeigneten Fremdarten kombiniert werden.<sup>42</sup>

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar. The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Begrünungsarten	Reduzierte Extensivbegrünung	Extensivbegrünung	Reduzierte Intensivbegrünung	Intensivbegrünung
maximale Wasserkapazität im Durchschnitt aller durchwurzelbaren Schichten (nach Dicke)	25 %	35 %	x	x
maximale Wasserkapazität der Vegetationsschicht	x	x	mindestens 50 %	mindestens 55 %
maximale Wasserkapazität der Dränschicht	x	x	mindestens 25 % mit Wasseranstau	mindestens 30 % mit Wasseranstau <sup>a</sup>
Abschlag von Punkten bei geringer Wasserkapazität	je % des Volumens 4 Punkte	je % des Volumens 4 Punkte	je % des Volumens 2 Punkte	je % des Volumens 2 Punkte

<sup>a</sup> Je 1 cm vollflächigem Wasseranstau erfolgt ein Zuschlag von 5 Punkten. Dies darf nicht gegen eine Reduzierung der Schichtdicke aufgerechnet werden.

Abb.43: Koppelung der Gundpunkteanzahl an die maximale pflanzenverfügbare Wasserkapazität

Begrünungsart	Reduzierte extensive Dachbegrünung	Extensive Dachbegrünung			
	Moos-Sedum-Begrünung	Moos-Sedum-Begrünung	Sedum-Moos-Kraut-Begrünung	Sedum-Gras-Kraut-Begrünung	Gras-Kraut-Begrünung
Anzahl von Pflanzenarten <sup>a</sup>	6	8	8	10	12
Punktezuschlag je weiterer Pflanzenart	2	2	2	2	1
Punkteabschlag für geringere Anzahl an Pflanzen	3	3	3	3	2

<sup>a</sup> als Moose, Sukkulente, Gräser, Kräuter und Gehölze in einem standortgerechten Artenpotenzial aus Wildpflanzen, eingebürgerten Arten und geeigneten Fremdarten

Abb.44: Koppelung der Gundpunkteanzahl an die Mindestanzahl von Pflanzenarten

Begrünungsart	Ausbildungsform	Grünvolumen je m <sup>2</sup> in m <sup>3</sup> , angegeben als Mittelwert
einfache Intensivbegrünung	Gras-Kraut-Begrünung	0,15
	Wildstauden-Gehölz-Begrünung	0,25
	Gehölz-Stauden-Begrünung	0,50
	Gehölz-Begrünung	1,25
	Rasen	0,10
	niedrige Stauden und Gehölze	0,20
	mittelhohe Stauden und Gehölze	0,50
Intensivbegrünung	hohe Stauden und Gehölze	0,75
	Großsträucher und Kleinbäume <sup>a</sup>	1,50
	mittelhohe und hohe Bäume	2,50

<sup>a</sup> mit Gehölz- und Staudenunterpflanzung

Abb.45: Grünvolumen für Intensivbegrünungen

Für das Bewertungssystem bei intensiven Dachbegrünungen wird in der ÖNORM eine Mindestanforderung definiert. Diese bezieht sich auf das Grünvolumen pro Quadratmeter der Dachbegrünungen. Bei einer Begrünung mit hohen Stauden und Gehölzen wird ein Mindestvolumen von  $0,75\text{m}^3$  festgelegt. Bei einer Intensivbegrünung mit Rasen liegt der Grenzwert bei  $0,1\text{m}^3$ . Das höchste Grünvolumen ist bei einer Begrünung mit mittelhohen und hohen Bäumen notwendig, die Mindestanforderung liegt hier bei  $2,5\text{m}^3$ .<sup>42</sup>

Das Grünvolumen wird mit Hilfe der begrünten Fläche und der Vegetationshöhe berechnet. (Fläche Dachbegrünung \* Vegetationshöhe)<sup>47</sup>

Beispielsweise ergibt eine Fläche von einem Quadratmeter die mit Rasen begrünt ist, welcher zehn Zentimeter hoch wächst, ein Grünvolumen von  $0,1\text{m}^3$ . Eine Staudenbepflanzung mit einer Höhe von 82cm ein Grünvolumen von  $0,82\text{m}^3$ .

Allerdings fließt das Grünvolumen zur Zeit noch nicht in die Bewertung der Gründächer mit ein. Somit gibt es auch für die Unterschreitung des Grünvolumens keinen Punkteabzug.

## Nutzen des Bewertungssystems

„Die vorschreibende Behörde, der ausschreibende Planer und der Bauherr können durch das Bewertungssystem einen Standard für die angebotenen und zur Ausführung gelangenden Begrünungsaufbauten festlegen.

Sinnvoll wäre es, die Bewertungskriterien (Grundpunktzahl, Wasserspeicherkapazität, Pflanzenartenzahl, Grünvolumen) bereits in jeder Phase der Bauausführung nachvollziehbar zu dokumentieren.

Durch das vorliegende Modell können allen am Markt befindlichen Dachbegrünungssystemen bestimmte Gesamtpunktzahlen zugeordnet werden.“<sup>42</sup>

Gesamtpunktzahl	durchwurzelbare Dicke (cm)	Begrünungsart und Ausbildungsform											
		Reduzierte Extensivbegr.	Extensivbegrünung			Reduzierte Intensivbegrünung			Intensivbegrünungen				
		Nicht benutzbar						Benutzbar					
		Moos-Sedum	Sedum-Moos-Kraut	Sedum-Gras-Kraut	Gras-Kraut	Wildstauden-Gehölz	Gehölz-Stauden	Gehölz	Rasen	nied. Stauden und Gehölze	mittlere Stauden und Gehölze	hohe Stauden und Gehölze	Großsträucher und Kleinbäume
80	8												
100	10												
120	12												
150	15												
180	18												
200	20												
250	25												
300	30												
350	35												
400	40												
450	45												
500	50												
600	60						↓						
700	70												
800	80									↓			
900	90							↓					
1000	100												
1250	125												
1500	150											↓	

Abb.46: Grundpunkte für die unterschiedlichen Dachbegrünungen (laut ÖNORM L 1131)

## 3.2

# GRÜNDACH ANALYSE WIEN



Abb.47: Übersichtsplan des Grünraummonitoring

### Gründachbestand Stadt Wien

Dass Gründächer eine wichtige Rolle in der Stadt einnehmen ist bereits bekannt. Wie groß die Anzahl an Gründächern in Wien ist und welche Fläche sie im gesamten oder in den einzelnen Bezirken einnehmen, wurde im Jahr 2010 in der Studie „Grünraumanalyse Wien - Dachbegrünung“ erhoben. Durchgeführt wurde diese Analyse durch das Büro „freiland Umweltconsulting ZT-GmbH“, in Auftrag gegeben durch die Wiener Umweltschutzabteilung - MA22. Eine neuere Datenerhebung existiert bis dato leider nicht.

Ziel der Studie war es sämtliche Grünflächen auf den Dächern Wiens zu erheben. Als Mindestgröße wurde eine zusammenhängende Grünfläche von 5m<sup>2</sup> definiert. Die Grünflächen wurden dabei in extensive Dachbegrünung, Dachgarten und Überschirmung eingeteilt. Die Analyse basierte auf den Daten eines digitalen Infrarotbildflugs und dessen Auswertung des gesamten Stadtgebietes von Wien. Ebenso wurden die Gebäudegrundflächen aus der digitalen Mehrzweckkarte zur Bestimmung der Dachflächen herangezogen.<sup>48</sup>

Einige Schwächen, wie auch damals bereits bekannt, weist die Studie allerdings auf. Diese konnten im Zuge der Auswertung allerdings nicht vollständig berücksichtigt und überarbeitet werden. Beispielsweise Überschirmungen. Diese werden durch sehr große Bäume in Innenhöfen oder entlang von Straßen ausgelöst, deren Baumkronen die Dächer der umliegenden Gebäude übershirmen. Dies macht auf das Infrarotbild den Eindruck als würden die Dachflächen begrünt sein.

Nach einer manuellen Analyse des 1. Bezirkes ist davon auszugehen, dass in etwa 25% der Gesamtdachgrünfläche Wiens in die Kategorie Überschirmung fällt. In den folgenden Statistiken werden die Dachbegrünungen in Grünklassen eingeteilt. In den Grünklassen 4 und 5 ist anzunehmen, dass diesen Überschirmungen zugewiesen werden können.<sup>48</sup>

Auch Verzerrungen aus den Aufnahmen und daraus entstehende Überlappungen von Gebäuden beziehungsweise Dachflächen sind damals nicht vollständig berücksichtigt werden.

*„Es ist anzunehmen, dass sich durch den systematischen Fehler der Gebäudeverzerrung eine Überschätzung der Dachgrünflächen im dicht verbauten Siedlungsgebiet von ca. 15 % ableitet. Dieser Wert ergibt sich aufgrund eines händischen Korrekturlaufes im 1. Wiener Gemeindebezirk und erklärt sich durch eine verhältnismäßig höhere Aufnahme von Innenhöfen und Grünflächen in Straßenabschnitten bei einem Wegkippen von Gebäuden. Im locker verbauten Siedlungsgebiet (Einfamilienhäuser, Kleingartensiedlungen) kann die Überschätzung bis zu 25 % betragen, da rund um diese Gebäude Grünflächen anzutreffen sind, die bei Verzerrung immer rundlich bzw. linear aufgenommen werden.“<sup>48</sup>*

Weiter könnten dunkle Schattenbildungen zu Fehlern führen. Da diese Flächen allerdings unter einem Prozent der Gesamtdachgrünfläche liegen, sind diese vernachlässigbar.<sup>48</sup>

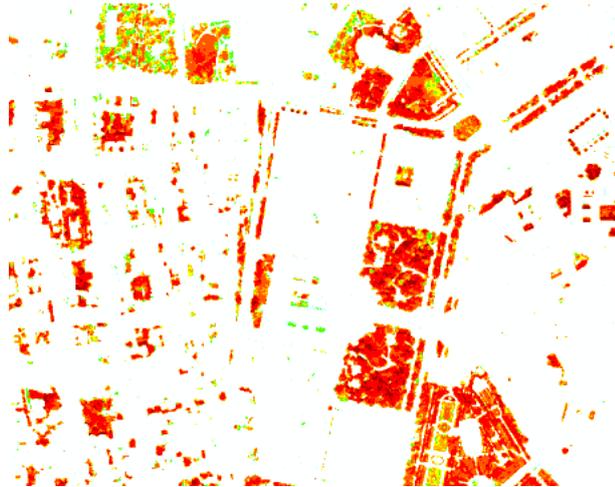


Abb.48,49: Vergleich des Luftbild und der Auswertung des Grünraummonitoring

**Dachgrünkategorien**

Die Begrünungen werden im folgenden in fünf Kategorien unterteilt. In schwaches Grün, zum Beispiel wilder Bewuchs, in mäßiges Grün, beispielsweise Dachrasen, in mittleres Grün, zum Beispiel Dachgärten und in starkes und sehr starkes Grün.<sup>48</sup>

„Nach Plausibilitätsüberlegungen und -prüfungen stellte sich heraus, dass die Wahrscheinlichkeit auf „tatsächliche“ Grünflächen zu treffen ab der Kategorie 3 erheblich steigt. ... Daher werden die Berechnungen für alle Kategorien und ab der Kategorie 3 dargestellt. Dieses Grün setzt sich aus Dachrasenflächen, Dachgärten, extensiver Dachbegrünung und Übershirmungen von Bäumen zusammen.“<sup>48</sup>

**Ergebnisse Stadt Wien**

Aus der Auswertung geht hervor, dass der Anteil an Dachflächen im gesamten Stadtgebiet 5242 Hektar groß ist. Dies entspricht 12,64% des Stadtgebietes. Von diesen 5242 Hektar sind in etwa 254,04 Hektar begrünt, in welchen alle Dachgrünkategorien miteinberechnet sind.<sup>48</sup>

„Statistisch gesehen werden demnach 0,62 % der Gesamtfläche Wiens von grünen Dächern bedeckt, dies entspricht wiederum 4,88 % der Gesamtdachfläche. Betrachtet man lediglich die Kategorien 3, 4 & 5 so werden 2,2 % der Dachflächen als begrünt angesehen.“<sup>48</sup>

Betrachtet man die einzelnen Bezirke separat, ergaben sich im Jahr 2010 überraschend geringe Abweichungen der Gründachflächen. Den niedrigsten Wert wies der erste Bezirk auf, mit nur 0,7% an begrüneten Dachflächen. Dieser Wert ist aufgrund der hohen Anzahl an Denkmal geschützten Gebäude allerdings durchaus verständlich und nachvollziehbar. Umgerechnet auf Dachgrün pro Kopf waren dies 1,48m<sup>2</sup>/Person.<sup>48</sup>

In den Kategorien drei bis fünf, zeigen sich allerdings auch in den anderen Innerstädtischen, als auch in den äußeren Bezirken Wiens keine wesentlich besseren Werte. Den höchsten Anteil an begrüneten Dachflächen weisen die Bezirke Neubau 7., Ottakring 16. und Döbling 19 auf, mit jeweils 3,0%. Bedenkt man die bereits bis 2010 erfolgten Stadtentwicklungen in den Randbezirken, ist der Anteil an Gründächern hier erstaunlich niedrig. Liesing 23. mit 1,6%, Simmering 11. mit 1,9%, Donaustadt 19. mit 2,3% und Floridsdorf 21. mit 2,4% sind beispielsweise Bezirke mit einer sehr hohen Anzahl an neuen Wohnbauten.<sup>48</sup>

**Innerstädtische Wohngebiete**

Wichtiger für diese Arbeit sind allerdings die Gründerzeitgebiete innerhalb des Gürtels. Diese setzen sich zum größten Teil aus Gebäuden mit Schrägdächern und Ziegelerdeckung zusammen. Sehr viele dieser Bereiche wurden durch die Stadt als Schutzzone deklariert. Sie sind wichtig zur Wahrung des Stadtbildes, Gebäude in Schutzzone dürfen nicht stark verändert oder durch Neubauten ersetzt werden. Zieht man all diese Faktoren in Betracht ist es erstaunlich, dass zum Zeitpunkt der Studie der Anteil an begrüneten Dächern im Vergleich zu den Randbezirken kaum Unterschiede aufweist.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar. The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

#### 4. Wieden

Die Gesamtfläche des vierten Bezirkes betrug laut Studie im Jahr 2010 177,52 Hektar. Die Fläche der Dachflächen betrug 76,25 Hektar. Ermittelte Dachgrünflächen gab es 3,56 Hektar und in Kategorie drei bis fünf fallende Dachflächen sind mit 1,76 Hektar angegeben. Somit waren in etwa 2,3% der gesamten Dachflächen im Jahr 2010 begrünt und jedem der damaligen 30.587 Einwohner standen 1,16m<sup>2</sup> Dachgrün zur Verfügung.<sup>48</sup>

#### 5. Magareten

Etwas höher als in Wieden war der Anteil an Gründachflächen in Magareten. Hier wurden 2,37 Hektar an Grünflächen der Kategorien drei bis fünf ermittelt. Bei einer Gesamtgröße von 201,15 Hektar und einem Dachflächenanteil von 87,21 Hektar waren das 2,7%. Durch die höhere Einwohnerzahl von 52.548 standen jedem Bewohner hier allerdings nur 0,88m<sup>2</sup> Gründach zur Verfügung.<sup>48</sup>

#### 6. Mariahilf

Die Bezirksfläche von Mariahilf betrug 2010 145,27 Hektar, die Dachflächen kamen in Summe auf 69,99 Hektar. 2,37 Hektar dieser Dachflächen waren begrünt und konnten in die Kategorien drei bis fünf eingeordnet werden, was einen Anteil von 2,5% entspricht. Bei 29.371 Einwohner macht das 1,20m<sup>2</sup> pro Kopf.<sup>48</sup>

#### 7. Neubau

Das etwas größere Neubau wies eine Gesamtfläche von 160,50 Hektar auf, davon 84,95 Hektar Dachflächen, 2,52 Hektar davon begrünt. Einen Anteil von 3,0% an Gründächern und somit den höchsten Wert aller Bezirke innerhalb des Gürtels. Bei 60.056 Einwohnern kommt jeder auf 0,83m<sup>2</sup> Gründach.<sup>48</sup>

#### 8. Josefstadt

Der kleinste aller Bezirke innerhalb des Gürtels die Josefstadt mit 108,99 Hektar und 54,54 Hektar an Dachflächen, davon 1,41 Hektar begrünt kommt auf einen Anteil von 2,6% an Gründächern. Bei 23.912 Einwohner sind das 1,14m<sup>2</sup> pro Kopf.<sup>48</sup>

#### 9. Alsergrund

Beim letzten und flächenmäßig auch dem größten Bezirk, mit 296,74 Hektar, aller rein innerstädtischen Bezirken gab es 128,49 Hektar an Dachflächen. Davon konnten 2,56 Hektar in Kategorie drei, vier oder fünf eingeteilt werden. Dies entspricht 2,0% der gesamten Dachflächen, welche begrünt waren. Durch die eher geringe Einwohnerzahl von 39.691 standen im Jahr 2010 jedem Einwohner 1,73m<sup>2</sup> Gründach zur Verfügung.<sup>48</sup>

Neuere Statistiken zum Gründachbestand der Stadt Wien liegen nicht vor. Auch ein punktueller Abgleich durch neuere Luftbildaufnahmen oder dergleichen ist nicht möglich, da der Analyse kein weiteres Auswertungsmaterial beiliegt. Es ist allerdings davon auszugehen, dass sich die Werte in den Bezirken mit Neubaugebieten nach oben verschoben haben, da diese mittlerweile laut Bebauungsplan Gründächer vorgeschrieben bekommen. Es ist anzunehmen, dass sich in den innerstädtischen Bezirken die Anteile an Gründächern nicht besonders verändert haben.

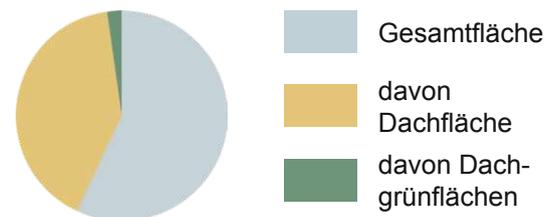


Abb.50: Analyse Gründachbestand in 4. Wieden

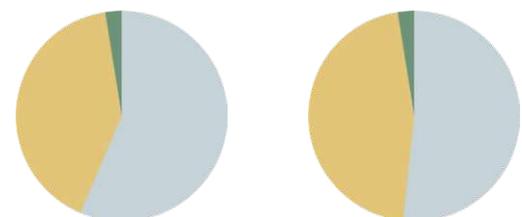


Abb.51: Analyse 5. Magareten und 6. Mariahilf

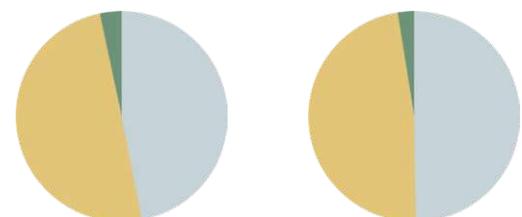


Abb.52: Analyse 7. Neubau und 8. Josefstadt

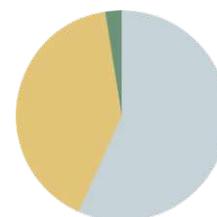


Abb.53: Analyse Gründachbestand in 9. Alsergrund

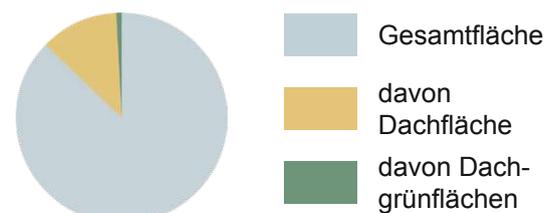


Abb.54: Analyse Gründachbestand über die gesamte Stadt Wien

### 3.3

## GRÜNDACHPOTENTIAL ÖSTERREICH



Abb.55, 56: links: jährlicher Vergleich von Bodenverbrauch und Errichteten Gründächern (Green Market Report, 2020)

Hat sich das Bewusstsein der Bevölkerung und der Stadtverwaltungen für die Wichtigkeit von Gebäudebegrünungen und vor allem Dachbegrünungen mittlerweile gesteigert? Dieser Frage wurde im Green Market Report im Juni 2020 nachgegangen und es kam zu folgenden Ergebnissen.

#### Gründächer in Österreich

Im Juni 2020 wurde der Green Market Report welcher sich mit Bauwerksbegrünungen in Österreich beschäftigt im Auftrag des Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie veröffentlicht. Erstellt wurde das Dokument unter anderem durch Mitarbeiter von GRÜNSTATTGRAU und dem Verband für Bauwerksbegrünung.

#### Zahlen und Fakten zu Bauwerksbegrünungen

Zu Beginn des Dokumentes finden sich einige interessante Statistiken zu Bauwerksbegrünungen in Österreich wieder.

Beispielsweise ist zu sehen dass der Umsatz von Firmen, welche sich mit Bauwerksbegrünungen beschäftigen, ihren Umsatz zwischen dem Jahr 2014 und 2018 um jährlich neun Prozent steigern konnte. Somit wurde im Bauwerksbegrünungssektor im Jahr 2018 ein Umsatz von zirka 90,5 Millionen Euro erzielt. In Österreich sind rund 550 Unternehmen mit rund 1200 Mitarbeitern in der Bauwerksbegrünung tätig. 28 Prozent dieser Firmen wurden erst nach 2010 gegründet.<sup>49</sup>

Ebenso spannend sind die Statistiken zu Befragungen von Städten und Gemeinden und deren Bewusstsein für den Klimawandel und die Notwendigkeit von Bauwerksbegrünungen.

Lediglich zwei von drei Städten arbeiteten beispielsweise bis Juni 2020 an Klimawandelanpassungsstrategien. Am häufigsten ist diese Anpassung das Pflanzen von zusätzlichen Stadtbäumen. Bauwerksbegrünungen selbst haben laut Befragungen in neun von zehn Fällen in Österreichischen Städten eine hohe Bedeutung zum Schutz vor Starkregenereignissen, zur Verbesserung des Mikroklimas und für gebäudebezogene Energieeinsparungen.<sup>49</sup>

Auch die Dachbegrünung spielt laut den Recherchen im Report eine wichtige Rolle. In jeder fünften Kommune wird eine Dachbegrünung verbindlich vorgeschrieben (Kommunen werden in Österreich meist als Gemeinden bezeichnet).<sup>49</sup>

Die Stadtverwaltungen Österreichs „wünschen sich aktuell am häufigsten Unterstützungen bei der Bewusstseinsbildung für Bauwerksbegrünungen bei ihren Bürgern, Weitergabe von Know-How und die Vernetzung mit Verantwortungsträgern in anderen Gemeinden.“<sup>49</sup>

Diese Bewusstseinsbildung steigt nach Aussagen von Branchenvertretern erheblich. Die Öffentlichkeit bildet demnach ein stark wachsendes Interesse am Thema Bauwerksbegrünung.<sup>49</sup>

49 Bundesministerium Klimaschutz, 2020, 10.

49 Bundesministerium Klimaschutz, 2020, 11.

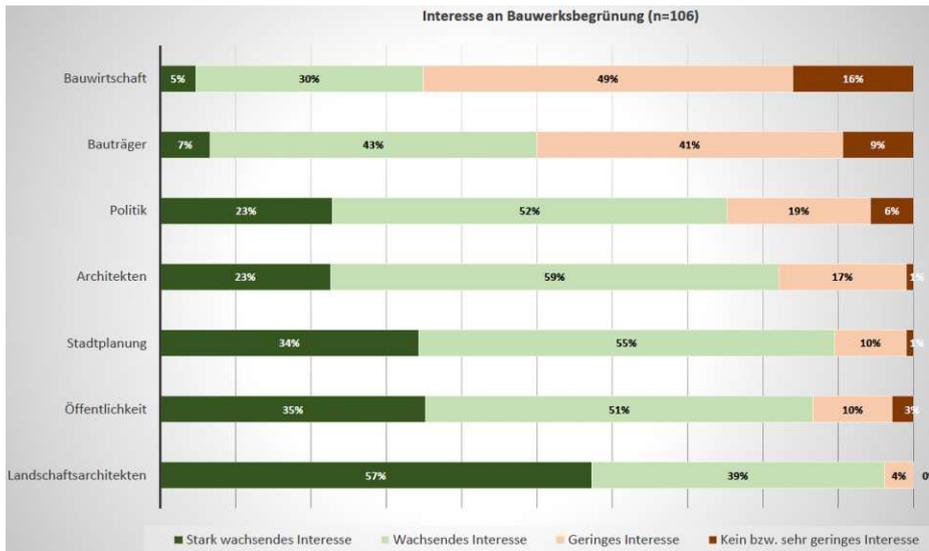


Abb.57: Interesse an Bauwerksbegrünungen nach einer Befragung im Green Market Report 2020

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar. The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Auch zu den im Juni 2020 aktuellen Marktzahlen gibt es Statistiken im Report. In Österreich werden zum Beispiel 1.000.000 Quadratmeter an Dachbegrünung errichtet. Dies entspricht in etwa vierzehn Fußballfeldern.<sup>49</sup>

Vergeicht man dies mit dem täglichen Bodenverbrauch von rund 20 Fußballfeldern pro Tag, ist dies natürlich eine erschreckende Statistik.

Im jährlichen Vergleich ergeben sich daraus anschaulich betrachtet, 14 Fußballfelder an Dachbegrünung zu 7.300 Fußballfelder an Bodenverbrauch!

*„Die zunehmende Wichtigkeit von Bauwerksbegrünungen steht in engem Zusammenhang mit wesentlichen gesellschaftlichen Herausforderungen und Umweltentwicklungen. Bauwerksbegrünungen erweisen sich als besonders wirkungsvolle Instrumente, um den häufiger werdenden Extremwittersituationen, dem hohen Flächenverbrauch und der zunehmenden Versiegelung als Folge der Urbanisierung und den negativen Umweltauswirkungen von Gebäuden entgegen zu steuern.“<sup>49</sup>*

Auch im Green Market Report wird die Wichtigkeit der Bauwerksbegrünungen hervorgehoben. Wesentliche Statistiken zur Wachstumsaussicht vom Gebäudebegrünungssektor wurden im Bericht erfasst. Die befragten Unternehmen gaben an, dass der Markt in den nächsten drei Jahren um über 7,5 Prozent im Jahr steigt. Über 20 Forschungsinstitutionen in Österreich forschen derzeit zu Themen wie grün-blaue Infrastruktur oder grüne Stadt. Bis ins Jahr 2030 sollen in Österreich 6500 Green Jobs geschaffen werden, zum Beispiel im Sektor Fassaden- Innenwandbegrünung oder in der Dachbegrünungsbranche. Dies soll auch einen fünfzigprozentigen Anstieg des Gründachanteils bis 2030 bewirken. Die nötige Fläche ist dafür auf jeden Fall vorhanden. Das Flächenpotential von Bestandsgebäuden für Fassadenbegrünung alleine in Wien beträgt über 120 Millionen Quadratmeter.<sup>49</sup>

Das Bewusstsein für die Wichtigkeit von Dachbegrünungen und andere Klimawandelanpassungen hat sich in den letzten Jahren also geändert. Auch Gemeinden und Städte, aber vor allem Forschungseinrichtungen haben sich dem Thema angenommen. Auch ersichtlich in der Abbildung oben. Die notwendigen Firmen und die ausgebildeten Fachkräfte für die Umsetzung sind ebenso vorhanden. Gibt es allerdings auch die nötigen Flächen um eine wirksame Fläche von Dachbegrünungen effizient umsetzen zu können?

Genau dieser Frage ist die Stadt Wien bereits im Jahr 2011 nachgegangen und hat dazu eine Studie durch die MA22 erstellt.

<sup>49</sup> Bundesministerium Klimaschutz, 2020, 12.

<sup>49</sup> Bundesministerium Klimaschutz, 2020, 13.



---

### 3.3.2     GRÜNDACHPOTENTIAL WIEN

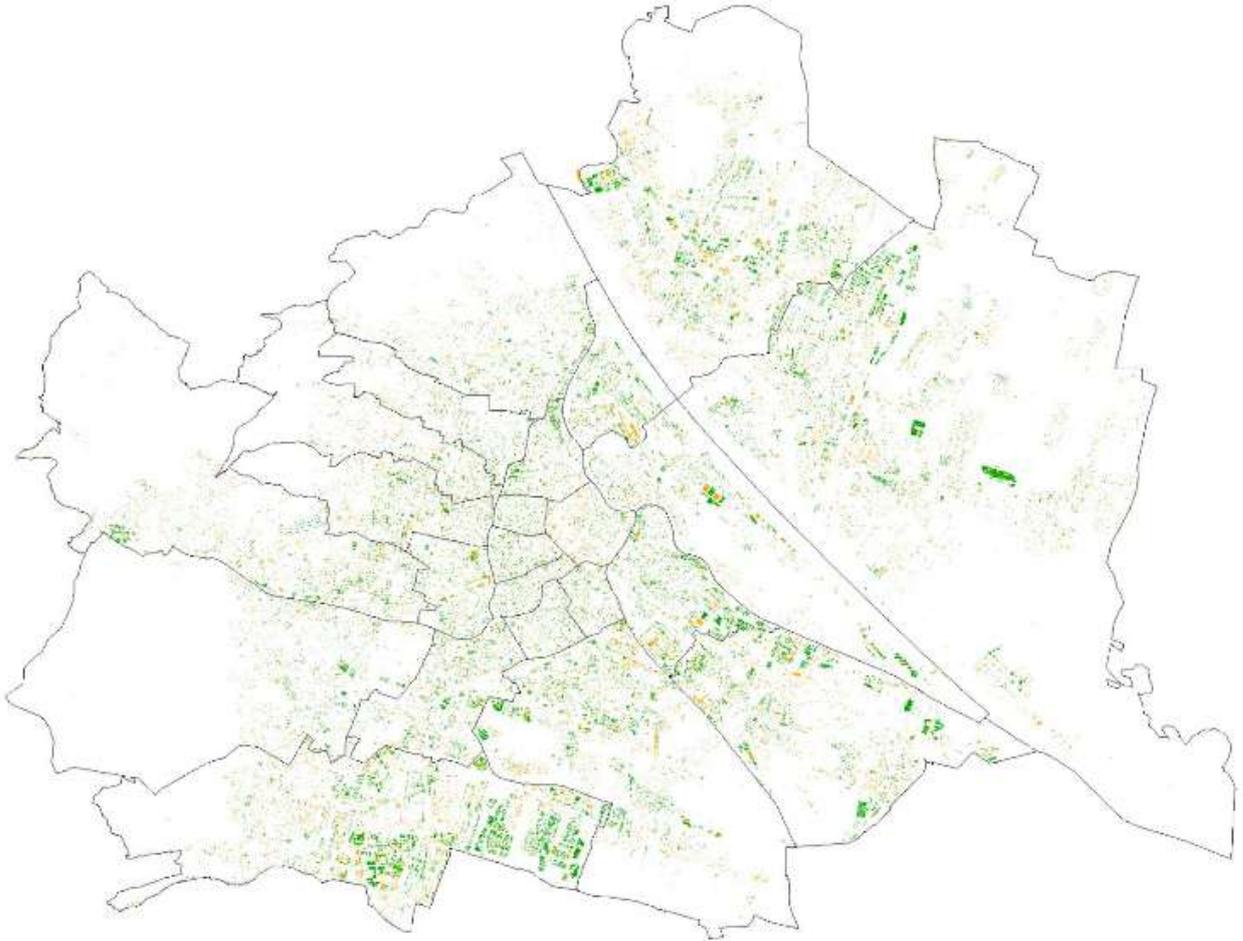


Abb.58: Übersicht Dachflächen mit Begrünungspotential in Wien

### Dachflächen in Wien

Auch die Stadt Wien ist sich der Potentiale ihrer Dachflächen durchaus bewusst. Im August 2011 wurde beispielsweise eine Analyse des Dachbegrünungspotentials Wien durchgeführt. Diese wurde von der MA22, dem Bereich für räumliche Entwicklung in Auftrag gegeben. Untersucht wurden dabei in Wien vorhandene Flachdächer und Dächer mit geringer Neigung. Diese sind Dachflächen, welche sehr einfach begrünbar sind. Sogar eine intensive Begrünung ist bei Dächern bis zu fünf Grad Neigung ohne große Umbauarbeiten möglich, sofern die statischen Voraussetzungen dafür gegeben sind. Im Bericht wurden allerdings statische Einflüsse nicht berücksichtigt, ebenso andere mögliche Einflussfaktoren wie Denkmalschutz oder Schutzzonen.

*„Die Potentialanalyse soll auch als Instrument verwendet werden, um jene Stellen in den stärker verbauten, inneren Gemeindebezirken aufzuzeigen, an denen wenig Grünstrukturen vorhanden sind und kein Platz zum Schaffen neuer Grünräume zur Verfügung steht, an welchen jedoch Dachbegrünung eine gute Möglichkeit darstellt, diesen Mangel auszugleichen und Rückzugsräume für Mensch und Tiere zu schaffen.“<sup>50</sup>*

50 Vali, 2011, 3.

Die Auswertung wurde anhand eines hochauflösenden Laserscanning durchgeführt. Dabei wurden die Dachflächen Wiens in Neigungsgrade eingeteilt. Flächen unter fünf Quadratmeter wurden um Fehlerquellen auszuschließen aus der Auswertung ausgeschlossen. Besonderes Augenmerk diente den Dachflächen zwischen 0-5°, da diese wie bereits erwähnt mit geringem Aufwand begrünt werden können. Alle weiteren Dachflächen wurden in der Auswertung nicht besonders betrachtet, beziehungsweise nicht genauer untersucht, da diese laut Bericht mit Baumaßnahmen und mit Maßnahmen gegen das Abrutschen des Substrates verbunden sind. Dachflächen zwischen 5-20° sind allerdings wie jene zwischen 0-5° gesondert ausgewertet.<sup>50</sup>

Somit erfolgt die Einteilung unter den Begriff Dachbegrünungspotential nur für Dachneigungen zwischen 0-5°. Der Begriff Dachbegrünungspotential sagt allerdings noch nicht aus, dass eine Dachbegrünung ohne weiteres möglich ist. Bereits begrünete Dachflächen wurden dem Ergebnis nur teilweise abgezogen und fallen noch in die Kategorie Dachbegrünungspotential.<sup>50</sup>

50 Vali, 2011, 5.

- GDP (0-5° Neigung) in Betriebsbauggebiet
- GDP (0-5° Neigung) in Industriegebiet
- Übrige Dachflächen mit 0-5° Neigung

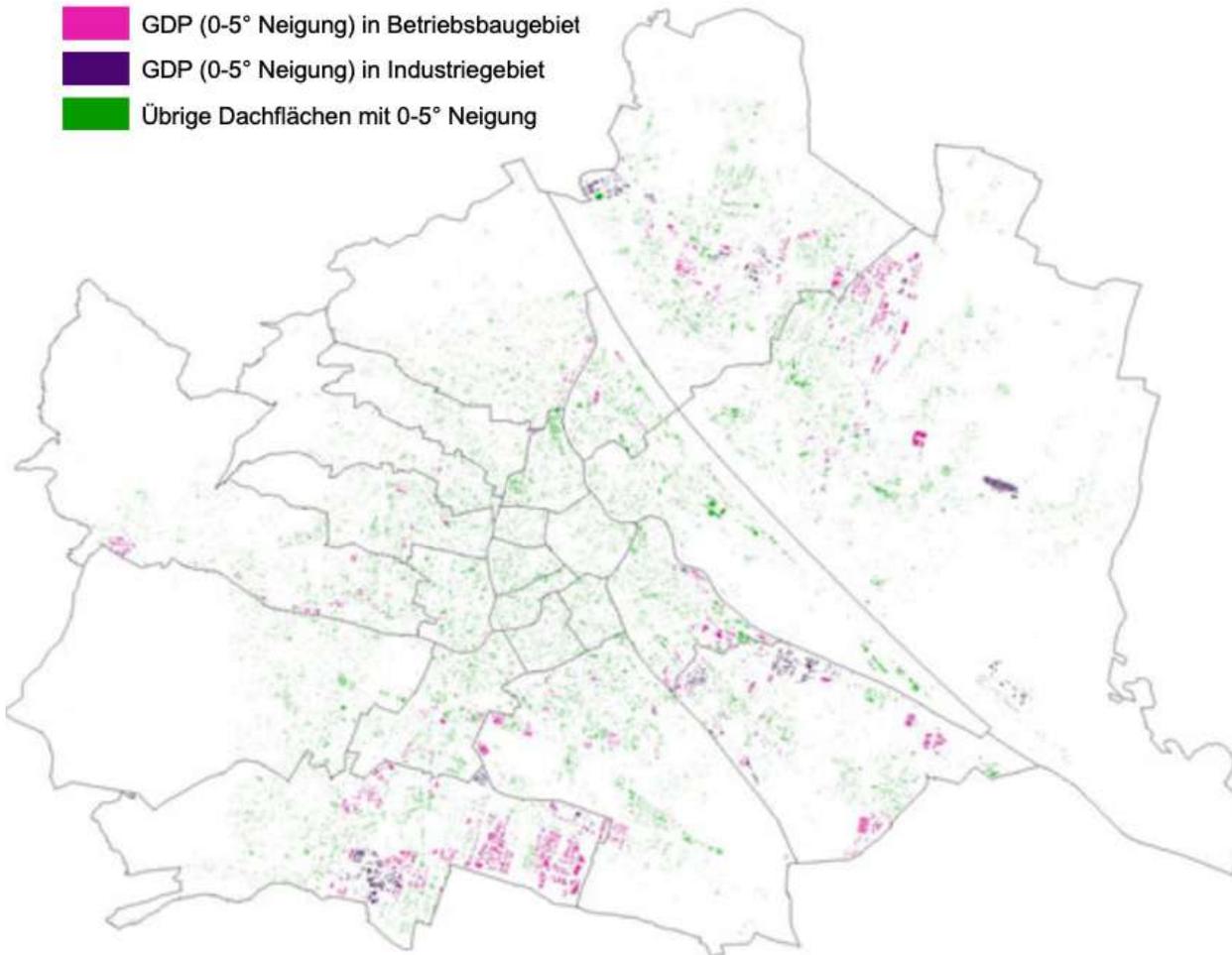


Abb.59: Verteilung Gründachpotential in Wien

Im Bericht wurde auf jeden Bezirk einzeln eingegangen, bereits die Übersicht der Dachflächen der gesamten Stadtfläche zeigt welch enormes Potential in Dachbegrünungen stecken würde. Datengrundlage für alle Daten in diesem Kapitel ist die Studie Analyse des Dachbegrünungspotentials Wien.

Die gesamte Dachfläche Wiens betrug im Jahr 2011 5.417,7 ha. Dachflächen mit 0-5° Neigung weisen eine Fläche von 1.068,4 ha auf. Dachflächen mit 5-20° eine Fläche von 744,9 ha.

In Prozent ausgedrückt zeigt sich, dass die Fläche von sehr leicht geneigten Dächern bis 5° Neigung rund ein Fünftel der gesamten Dachfläche Wiens ausmachen, somit 20%. Weitere 14% der Dachflächen liegen zwischen 5-20° Neigung. Der Anteil an Schrägdächern über 20° beträgt somit rund zwei Drittel der Dachflächen Wiens mit 66%.<sup>50</sup>

Über ein Drittel aller Dachflächen Wiens wären somit begrünbar oder sogar leicht begrünbar.

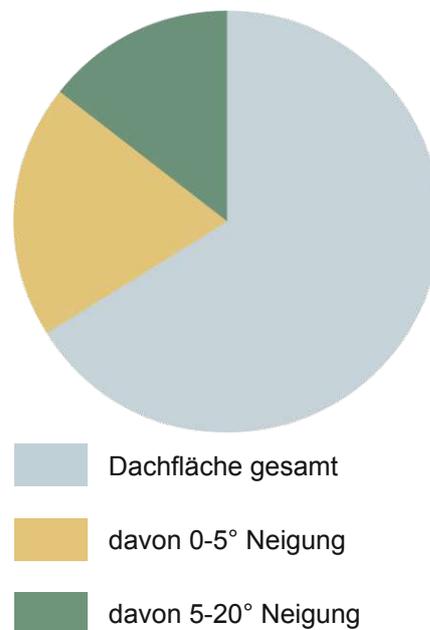


Abb.60: Verteilung der Dachflächen in Wien, 2011



Abb.61, 62, 63: Luftbilder mit markierten Gründachpotentialen in Wien, 2011

### Verteilung des Gründachpotentials

Wie aus der Auswertung ersichtlich, ist die Verteilung des Gründachpotentials in den Gemeindebezirken deutlich unterschiedlich. In den äußeren Bezirken sind sehr viele größere zusammenhängende Flächen ersichtlich. Somit ist auch hier das Gründachpotential sehr hoch. Vor allem liegt das am hohen Anteil an Betriebs- und Industriebauten. Da diese sehr oft mit Flachdächern oder gering geneigten Pultdächern errichtet werden, wäre hier das Potential besonders groß.

Die Gewerbegebiete findet man vor allem in den Randbezirken Wiens, etwa in Liesing, Donaustadt, Floridsdorf oder auch Simmering. Ebenso die größten potentiellen Gründächern befinden sich in diesem Bereich. Etwa das ehemals Baumax Zentrallager, welches mittlerweile an diverse Unternehmen vermietet wurde mit einer Dachfläche von 64.295m<sup>2</sup>, ausgeführt als Kiesdach, somit wäre es ohne statischen Aufwand leicht als extensiv begrüntes Dach zu adaptieren. Eine weitere der größten ermittelten Dachflächen stammt aus Simmering. Die Zentralwerkstatt der Wiener Linien hat eine Dachfläche von 39.363m<sup>2</sup>, ausgeführt zum größten Teil mit Blechdeckung und teilweise als Kiesdach.<sup>50</sup>

Ein weiterer Grund für das hohe Gründachpotential in den äußeren Bezirken liegt auch in den neueren Wohnbauten. Diese werden fast ausschließlich als Bauten mit Flachdächern ausgeführt.<sup>50</sup>

Stellt man die Flächen an Betriebs- und Industriebauten und jene des Gründachpotentials gegenüber zeigt sich, dass eben die Bezirke mit hoher Gewerbedichte auch jene mit hohem Gründachpotential sind. Vor allem da nur jene Dächer mit bis zu 5° Neigung in die Gründachpotentiale aufgenommen werden.<sup>50</sup>

*„Aber auch in den Innenbezirken, die hauptsächlich aus älteren Gebäuden mit Steildächern bestehen, sind potentiell begrünbare Flächen vorhanden. Hier machen sich große Betriebsbauten mit riesigen Kiesdächern rar, dafür gibt es Strukturen aus vielen kleineren begrünbaren Flachdächern auf Wohngebäuden.“<sup>50</sup>*

In den beiden linken Abbildungen oben sind Ausschnitte von Luftbildern zu sehen, welche zur Auswertung herangezogen wurden. Anhand der Arc-GIS Analyse werden die Dachneigungen am Luftbild erkannt (Bild links oben) und die gewünschten Dachflächen markiert (links unten).

In der Abbildung rechts ist ein Ausschnitt des fünften Wiener Gemeindebezirkes zu sehen. Dabei ist ersichtlich das auch in innerstädtischen Gebieten großes Potential für Dachbegrünungen besteht.

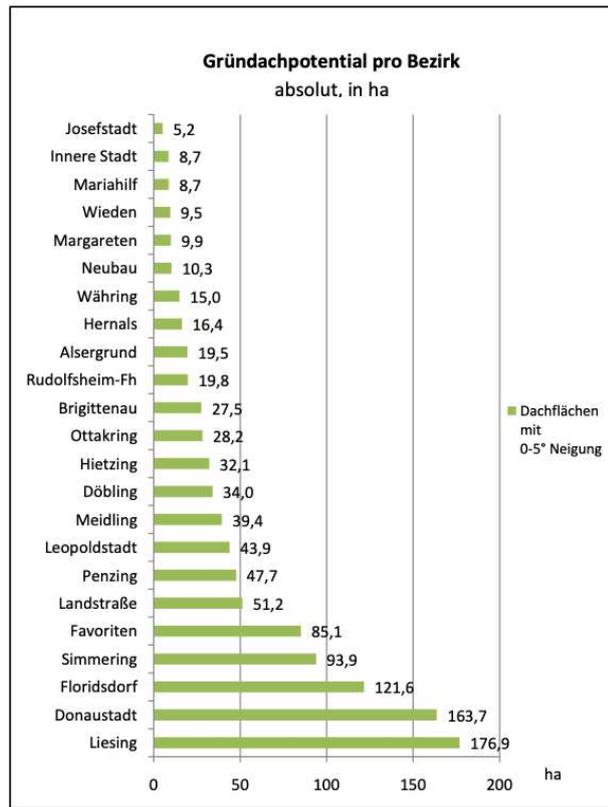
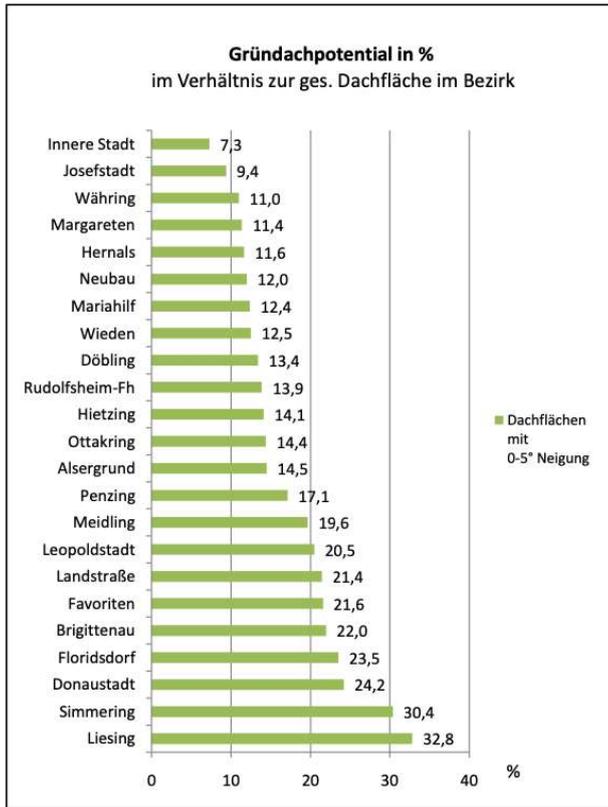


Abb.64, 65: Gründachpotential nach Bezirk in Wien, 2011

Bezirk	Flächenanteil Betriebsbaugebiet in %	Flächenanteil Industriegebiet in %	Gesamtanteil BBG + IG in %
Innere Stadt	0,0	0,0	0,0
Wieden	0,0	0,0	0,0
Neubau	0,0	0,0	0,0
Josefstadt	0,0	0,0	0,0
Margareten	0,4	0,0	0,4
Alsergrund	0,7	0,0	0,7
Hietzing	1,3	0,0	1,3
Leopoldstadt	2,0	0,0	2,0
Mariahilf	3,2	0,0	3,2
Rudolfsheim-Fünfhaus	4,8	0,0	4,8
Währing	4,9	0,0	4,9
Hernals	5,4	0,0	5,4
Ottakring	13,9	0,0	13,9
Döbling	14,1	0,0	14,1
Brigittenau	15,2	0,0	15,2
Meidling	19,8	0,0	19,8
Favoriten	24,8	1,0	25,8
Penzing	27,5	0,0	27,5
Landstraße	29,0	2,2	31,2
Floridsdorf	25,4	14,1	39,5
Donaustadt	27,4	12,4	39,8
Simmering	35,8	22,7	58,5
Liesing	55,2	14,8	70,0

Abb. 66: Dachflächen von Betriebs- und Industriebauten nach Bezirk in Wien, 2011

Stellt man die Dachflächen von Betriebs- und Industriegebäuden und jene des Gründachpotentials gegenüber zeigt sich logischerweise, dass die Bezirke mit hoher Gewerbedichte auch jene mit hohem Gründachpotential sind. Vor allem da nur jene Dächer mit bis zu 5° Neigung in die Gründachpotentiale aufgenommen werden. Dies wird in der Abbildung links verdeutlicht.<sup>50</sup>

Allerdings zeigt sich auch in den innerstädtischen Gebieten ein großes Potential an gering geneigten Dächern, welche leicht zu Gründächern adaptiert werden könnten. In den Bezirken innerhalb des Gürtels sind immerhin durchschnittlich 13% aller Dachflächen leicht begrünbar. Dies ist für die hohe Dichte an Gründerzeitgebäude doch sehr beträchtlich.<sup>50</sup>

Die größten Potenziale finden sich in Liesing wieder, hier ist es rund ein Drittel aller Dachflächen, beziehungsweise 176,9ha. Im Vergleich dazu ist der Wiener Stadtpark rund 6,5ha groß. Die einfach zu begrünenden Dachflächen in Liesing sind also 25x so groß wie der Stadtpark. Prozentual gesehen folgen hinter Liesing die Bezirke Simmering mit 30,4%, Donaustadt mit 24,4% und Floridsdorf mit 23,5%.<sup>50</sup>

### Innerstädtische Wohngebiete

Weitaus wichtiger für diese Arbeit sind allerdings die Flächen der dicht bebauten, innerstädtischen Wohngebiete.

Zum größten Teil setzen sich diese aus Wohnhäusern der Gründerzeit zusammen. Da sie mit Steildächern in Ziegeldeckung errichtet wurden ist der Anteil an Dachbegrünungspotential in der durchgeführten Studie weitaus geringer. Allerdings ist auch in diesen Bezirken das enorme Potential von Dachbegrünungen erkennbar, selbst bei gesonderter Betrachtung von Dächern mit geringer Neigung.

Lässt man den ersten Bezirk außer betracht, da dieser zum größten Teil unter Denkmalschutz steht und eine Begrünung der Dachflächen somit nicht möglich ist. Ebenso die Bezirke Zwei und Drei, da diese durch ihre Größe und Weitläufigkeit nicht als reine innerstädtische Bezirke betrachtet werden können ergeben sich folgende Potentiale.

### 4. Wieden

Wieden, der vierte Wiener Gemeindebezirk erstreckt sich über eine Fläche von insgesamt 180ha. 80ha davon sind laut Studie aus 2011 Dachflächen, dies sind etwa 45% der Gesamtfläche des Bezirkes. Von diesen Dachflächen entfallen rund 12% auf eine Neigung von 0 bis 5° und 6% auf eine Neigung von 5 bis 20°. Somit verfügt der vierte Bezirk über Dachflächen von 9,6ha die eine Neigung von bis zu fünf Grad aufweisen und über Dachflächen von 4,8ha die eine Neigung bis von 5 bis 20 Grad aufweisen. Insgesamt weist der 4. Bezirk somit über 14,4ha an Dachflächen die leicht zu begrünen sind auf. Das entspricht in etwa 8% der gesamten Bezirksfläche! <sup>1</sup>

Für eine Veranschaulichung umgerechnet ist das die 2,2-fache Fläche des Stadtparks oder die Fläche von 18 Fußballfeldern.

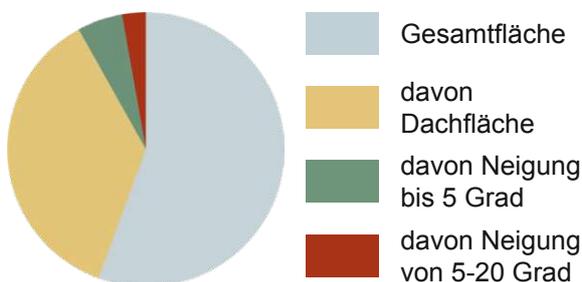


Abb.67: Analyse Gründachbestand in 4. Wieden

### 5. Magareten

Magareten, der fünfte Bezirk, ist mit einer Gesamtfläche von 203ha rund 12% größer als Wieden. Auch hier sind mit insgesamt 92ha rund 45% der Bezirksfläche Dachflächen. Auf Dachflächen mit Neigungen bis 5° entfallen hier 11% und somit zirka 10,12ha. Auf Dachflächen mit einer Neigung zwischen 5 bis 20° entfallen hier 6% und somit eine Fläche von 5,52ha. Insgesamt verfügt der 5. Bezirk über leicht zu begrünende Dachflächen von 15,62ha. Dabei handelt sich um 7,69% der gesamten Bezirksfläche und somit um etwas weniger als im vierten Bezirk.

Diese Fläche ist die 2,4-fache Fläche des Stadtparks oder die Fläche von rund 19,5 Fußballfeldern.

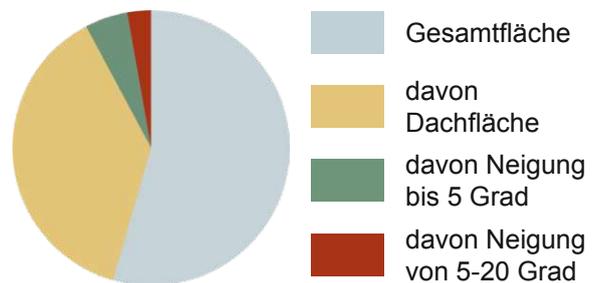


Abb.68: Analyse Gründachbestand in 5. Magareten

### 6. Mariahilf

Mariahilf hat eine Fläche von 148ha. Rund die Hälfte davon (mit 49% Dachflächen), mit insgesamt 73ha, weist ein Grünflächenpotential von 17% auf. Etwa 12% davon entfallen auf Neigungen von 0 bis 5° und 5% auf 5 bis 20°. Somit weist der Bezirk ein ähnliches Potential wie Wieden und Magareten auf.

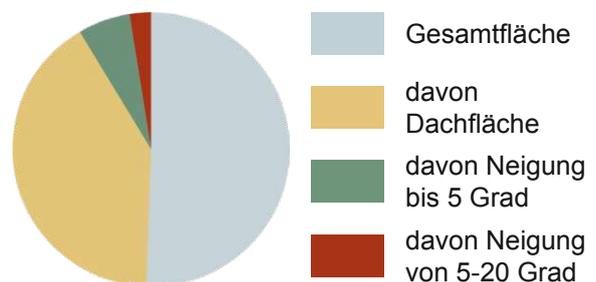


Abb.69: Analyse Gründachbestand in 6. Mariahilf

**7. Neubau**

Auch Neubau, mit einer Größe von 160ha, davon 58% Dachflächen mit 92ha kommt auf 17% Dachflächen bis 20° Neigung. Davon entfallen 11% auf Neigungen bis 5° und 6% auf Neigungen zwischen 5 und 20°. <sup>4</sup>

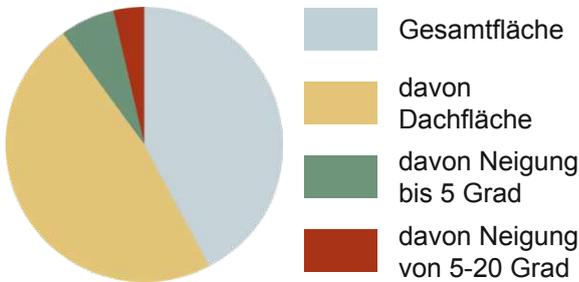


Abb.70: Analyse Gründachbestand in 7. Neubau

**9. Alsergrund**

Der innerstädtische Bezirk mit dem größten Gründachpotential ist Alsergrund. Mit insgesamt 298 Hektar Grundfläche und 147 Hektar Dachfläche, was 49% der Gesamtfläche entspricht, weist der Bezirk insgesamt 19% Gründachpotential auf. 13% davon entfallen auf Neigungen von 0 bis 5° und 6% auf Neigungen von 5 bis 20°. <sup>6</sup>

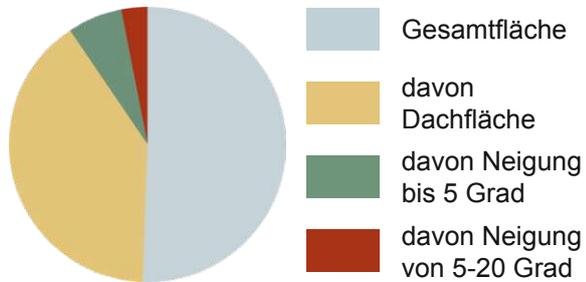


Abb.72: Analyse Gründachbestand in 9. Alsergrund

**8. Josefstadt**

Die Josefstadt, mit einer Gesamtfläche von 107ha und einer Dachfläche von 58ha (54%) weist auch etwas weniger Gründachpotential auf. Mit insgesamt 15%, entfallen 9% auf Neigungen bis 5° und 6% auf Neigungen von 5 bis 20°. <sup>5</sup>

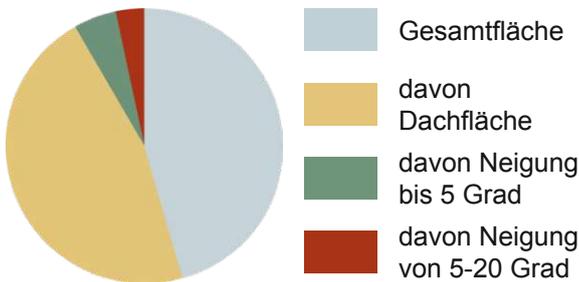


Abb.71: Analyse Gründachbestand in 8. Josefstadt

**Fazit**

In der Analyse der Dachflächen wird ersichtlich wie groß die Potentialflächen für die Stadtplanung sind. Vor allem in innerstädtischen Bereichen innerhalb des Gürtels liegt der Anteil der Dachflächen an der Gesamtfläche annähern, oder in manchen Fällen sogar über fünfzig Prozent der Bezirksfläche. Hier ist eine notwendige Entsiegelung also nur mit Hilfe der Dachflächen möglich. Doch wie forciert die Stadt Wien die Errichtung von Gründächern oder auch die Adaptierung von Bestandsdächern zu Gründächern?



## 3.4

# GRÜNDACH VORSCHRIFTEN WIEN

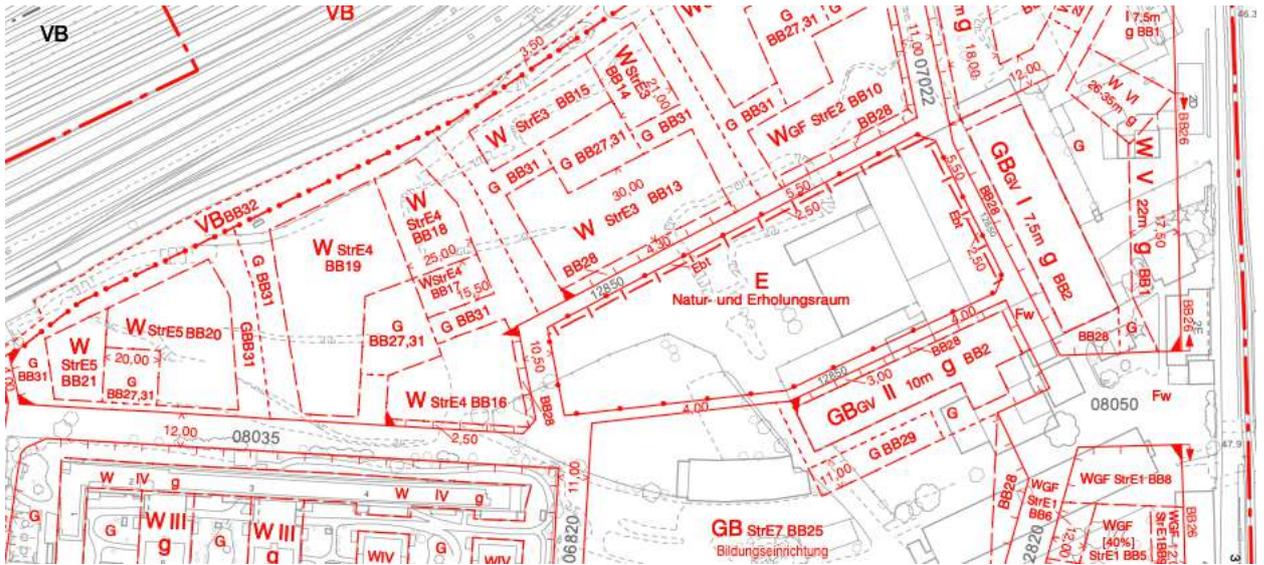


Abb.73: Auszug aus einem Plandokument des Flächenwidmungs- und Bebauungsplanes der Stadt Wien

Die nötigen Flächen für Dachbegrünungen sind, wie im Kapitel vorher ersichtlich, vorhanden. Aber welche Maßnahmen ergreift die Republik Österreich oder die Stadt Wien um eine Errichtung von Gründächern bei Neubauten oder eine Adaption bei Bestandsbauten zu beschleunigen?

#### Flächenwidmungs- und Bebauungsplan

Eines der wichtigsten Instrumente der Stadtplanung in Wien ist der Flächenwidmungs- und Bebauungsplan. Diesem bedient sich die Stadt Wien auch als Verpflichtung zur Errichtung von Dachbegrünungen. Anhand der Bebauungsbestimmungen, in den Plandokumenten gekennzeichnet mit BB, schreibt die Stadt Wien, vor allem in Neubau und Stadterweiterungsgebieten, die Errichtung von Gründächern vor.

Angegeben wird in den Plandokumenten des Bebauungsplanes die BB Nummerierungen die auf eine weitere Bestimmung zusätzlich zum Flächenwidmungs- und Bebauungsplan verweist. Hier wird geregelt bei welchen Gebäuden, beziehungsweise Dachflächen ein Gründach zu errichten ist. Beispielsweise ist angegeben, dass alle Gebäude in Bereichen ohne BB, deren Dächer unter 15 Grad Neigung und über 12m<sup>2</sup> Größe aufweisen, entsprechend dem Stand der Technik zu begrünen sind. Dies trifft ebenfalls auf jene Flächen zu, die mit BB3 gekennzeichnet sind.

Angewendet wird diese Möglichkeit bislang allerdings fast ausschließlich in größeren Stadterweiterungsgebieten und Neubaugebieten. Für innerstädtische Gebiete und Bestandsgebiete gibt es im Flächenwidmungs- und Bebauungsplan kaum Vorschriften und wenn nur in einem sehr geringem Ausmaß.

#### Weitere Vorschriften

Weitere Vorschriften der Stadt Wien zur verpflichtenden Errichtung von begrüneten Dächern gibt es nicht, somit ist es Eigentümern selbst überlassen, wie sie mit dieser Thematik umgehen. Doch bringt die Stadt andere Anreize damit sich die Anzahl der Gründächer steigern lässt?

## 3.5

# GRÜNDACH FÖRDERUNG WIEN

Die Stadt Wien unternimmt in den letzten Jahren einige Maßnahmen um das Bewusstsein für Dachbegrünungen, Fassadenbegrünungen und weitere Klimaschutzmaßnahmen zu steigern. Die Stadt stellt nicht nur eine Umweltberatung zur Verfügung, sondern erstellt als Planungshilfe Leitfäden. Ebenso wurden Förderungen für Begrünungsmaßnahmen ins Leben gerufen.

#### Dachbegrünung - Förderung

*„Die Wiener Umweltschutzabteilung fördert zur Hebung der Lebensqualität, der Biodiversität und für ein gesundes Stadtklima die Begrünung von Dächern.“<sup>51</sup>*

Seit dem Jahr 2014 wird durch die Stadt Wien und die Abteilung Umweltschutz (MA22) die Errichtung eines Gründaches gefördert.

Förderungswürdig sind Gründächer die nicht dem Flächenwidmungs- und Bebauungsplan widersprechen, die nicht dem Stadtbild, der Bauphysik oder Statik, oder anderen technischen Grundlagen widersprechen und von denen eine Baubewilligung vorgelegt werden kann. Ebenso darf die Investition noch nicht durch eine Förderung der Europäischen Union, des Bundes oder eine weitere Förderung des Landes Wien unterstützt worden sein.<sup>52</sup>

Die Errichtung einer Dachbegrünung wird dabei bis zu einem maximalen Betrag von 20.200€ pro Baumaßnahme gefördert.<sup>51</sup>

Die Förderung richtet sich unter anderem nach der durchwurzelbaren Aufbaudicke, diese muss mindestens acht Zentimeter aufweisen. Gefördert werden maximal 50€/m<sup>2</sup>.

Falls Begrünungen im Bebauungsplan vorgeschrieben sind, wird nur jene Aufbauhöhe gefördert, welche über die vorgeschriebene Höhe hinaus geht. Pro Zentimeter zusätzlicher Aufbauhöhe werden 2€/m<sup>2</sup> gefördert, maximal allerdings 34€/m<sup>2</sup>.

Ebenfalls werden Planung- und Beratungsleistungen im Verhältnis zu den Gesamtkosten gefördert.

Wird die Begrünung allerdings vorzeitig, innerhalb von 15 Jahren wieder entfernt, muss die erhaltene Förderung zur Gänze zurückgezahlt werden.

Um eine Förderung in Anspruch nehmen zu können, dürfen dafür bereits keine Förderungen der Europäischen Union, des Bundes, oder des Landes ausbezahlt worden sein.

Ebenso muss es sich um eine Dachfläche handeln, welche bislang noch nicht begrünt ist und die Höhe des durchwurzelbaren Raumes muss mindestens acht Zentimeter dick sein.<sup>51</sup>

Auch die Umweltfreundlichkeit der Materialien der Dachbegrünung und der Verpackungen wird bei der Förderung berücksichtigt.

Unter anderem ist die Verwendung von Torf und Abdichtungsbahnen die PVC, oder Biozide enthalten sind untersagt. Ebenso müssen alle Systemkomponenten, Verpackungen und Transporthilfen müssen PVC frei sein.<sup>51</sup>

Weitere Förderungen seitens der Stadt Wien oder der Republik Österreich speziell ausgerichtet auf Gründächer gibt es nicht. Alle weiteren Förderinstrumente zielen auf größere thermische Sanierungen ab. Gründächer werden hier als ein kleiner Punkt der Gesamtsanierung angesehen.

51 Amtshelfer Wien, 2023

52 Transparenzportal Österreich, 2023

51 Amtshelfer, 2023

## 3.6

## FAZIT

Genügend Dachflächen für eine Begrünung wären sowohl in Österreich, als auch in der Stadt Wien vorhanden. Betrachtet man die innerstädtischen Gebiete Wiens entfallen zwischen 45 und 58 Prozent der Bezirksflächen auf Dachflächen. Von diesen Dachflächen wiederum bezeichnet die Stadt Wien selbst in innerstädtischen Gebieten durchschnittlich zwölf Prozent als leicht begrünbare Dachflächen. Würde man diese Dachflächen nach technisch möglichen Dachbegrünungen untersuchen wäre der Anteil der möglichen Dachbegrünungen um ein vielfaches höher.

Die Analyse des Gründachbestand in Wien hingegen zeigt, das diese Potentiale nicht ansatzweise genutzt werden. In den Bezirken vier bis neun der Stadt Wien sind lediglich zwischen zwei und drei Prozent aller Dachflächen begrünt, wie im Kapitel Gründachpotential Wien ersichtlich. Auch über die gesamte Stadt gesehen liegt der Anteil an Gründächern lediglich bei 2,2 Prozent der Dachflächen. Somit liegt selbst in der Begrünung von Dachflächen ein enormes Potential. Betrachtet man lediglich die laut Stadt Wien einfach zu begrünenden Flächen sind auch hier enorme Reserven vorhanden.

Ob für die Ausschöpfung der Potentiale die Vorschriften und Förderungen der Stadt Wien ausreichend sind bleibt zu hinterfragen. Da die Vorgaben im Bebauungsplan nur bei Neubaugebieten angewendet werden, wäre es eine Überlegung wert eine grundsätzliche Regelung in der Bauordnung zu treffen.

## 3.7

# VORTEILE DES GRÜNDACHES

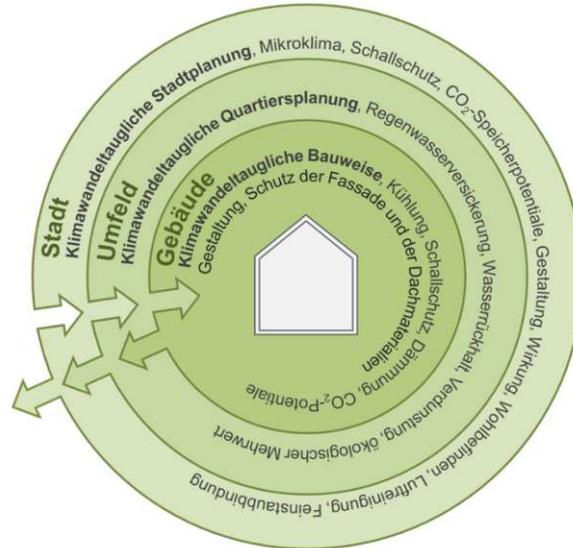


Abb.74: Wirkungen der Gebäudebegrünung auf Gebäude, Umfeld und Stadt

Gründächer bieten viele Vorteile. Sowohl für die Stadt, als auch für die Gebäude und deren Bewohner.

Punkte wie Entsiegelung und Wasserrückhalt beziehungsweise Wasserspeicherung und spätere Abgabe sind wesentliche Punkte, die auch in der Stadtplanung berücksichtigt werden müssen. Aber auch das Mikroklima spielt eine immer größer werdende Rolle. Gründächer bieten dabei nicht nur Vorteile wie Luftreinigung, CO<sub>2</sub> Bindung und Feuchtigkeitsregulierung sondern sie steigern auch die Lebensqualität in der Stadt. Ebenso bieten Gründächer Lebensraum für viele Tier- und Pflanzenarten. Aus Sicht der Gebäude und deren Bewohner sind vor allem der Schall- und Brandschutz, die thermischen Wirkungen, aber auch psychologische und ästhetische Wirkungen von Bedeutung. Auf die wichtigsten Punkte wird im folgenden Kapitel kurz eingegangen.

### Entsiegelung

Wie bereits zu Beginn dieser Arbeit im Kapitel Flächenversiegelung ersichtlich, ist eine Entsiegelung von Dachflächen von wesentlicher Bedeutung. Einhergehend mit der Flächenentsiegelung wären die daraus resultierenden Verbesserungen, die Verringerung von Hitzeinseln oder eine besserer Wasserrückhaltung.



Abb.75, 76: Regenwasserrückhalt und Regenwasserfilterung durch das Gründach

**Wasserrückhalt**

Der Wasserrückhalt eines Gründaches kann sowohl für die Stadtplanung als auch für das Stadtklima von wesentlicher Bedeutung sein.

*„Begrünungen nehmen, so wie auch der natürliche Boden, Wasser auf und geben es über Pflanzen und Substrate kontrolliert und von der Natur zeitlich optimiert wieder in die Atmosphäre ab. Sie können Regenwasser sogar zu 100% zurückhalten oder zeitverzögert langsam abgeben, wodurch die Kanalisation entlastet wird.“*<sup>53</sup>

Zusätzlich kann Regenwasser in Zisternen oder Retentionsräumen gespeichert werden. Dadurch werden die positiven Effekte des Wasserrückhalts weiter verstärkt, da die Dachbegrünung zu einem späteren Zeitpunkt auf die gespeicherte Wassermenge zurückgreifen kann. Der urbane Wasserhaushalt wird auf diese Weise an den natürlichen Wasserhaushalt angenähert.<sup>54</sup>

Der Niederschlag in der Stadt wird somit durch die Begrünung als Ressource nutzbar.

Das gespeicherte Wasser im Gründach wird langsam wieder abgegeben, somit ist eine Abkühlung der Umgebungstemperatur möglich. Für die Stadtplanung von Bedeutung ist der Wasserrückhalt allerdings auch für die Planung der Abwassermengen.

Die jährliche Niederschlagsmenge in Wien schwankte in den letzten zehn Jahren zwischen 512 Millimeter und 753 Millimeter. Im Schnitt, ergibt sich dadurch ein mittlerer Jahresniederschlag von 711,9 Millimeter beziehungsweise 711,9 Liter am Quadratmeter.<sup>55</sup>

Eine Dachbegrünung mit einer Aufbauhöhe von etwa 25cm kann pro Quadratmeter in etwa die Füllmenge einer Badewanne aufnehmen (etwa 137 Liter). Dies entspricht rund 20 Prozent der jährlichen Niederschlagsmenge Wiens.<sup>53</sup>

Auch verunreinigtes Wasser kann durch Gründächer gefiltert werden. Spezielle Dachaufbauten können sogar als Kläranlage fungieren.<sup>53</sup>

Gründächer dienen aber auch als Feuchtigkeitsregulierung. Vor allem bei heißer und trockener Luft kann das von Pflanzen verdunstete Wasser die relative Luftfeuchtigkeit erhöhen. Beispielsweise verdunstet eine Moorfläche von einem Hektar an einem heißen Tag etwa 23m<sup>3</sup> Wasser. Ein Obstgarten pro Hektar in etwa 1500m<sup>3</sup> Wasser und eine Buche etwa 0,28 - 0,38m<sup>3</sup>, also 280 bis 380 Liter Wasser. Pflanzen können die Luftfeuchtigkeit allerdings auch verringern. Zum Beispiel wenn sich durch kondensierenden Nebel Tauwasser bildet, sich an den Pflanzen des Gründaches bindet und durch Wassertropfen ins Substrat geleitet wird.<sup>55</sup>

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar. The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

53 grün statt grau, 2022  
54 Bundesverband GebäudeGrün e.V., 2022, 28.  
55 Minke, 2010

53 grün statt grau, 2022  
55 Minke, 2010, 10.

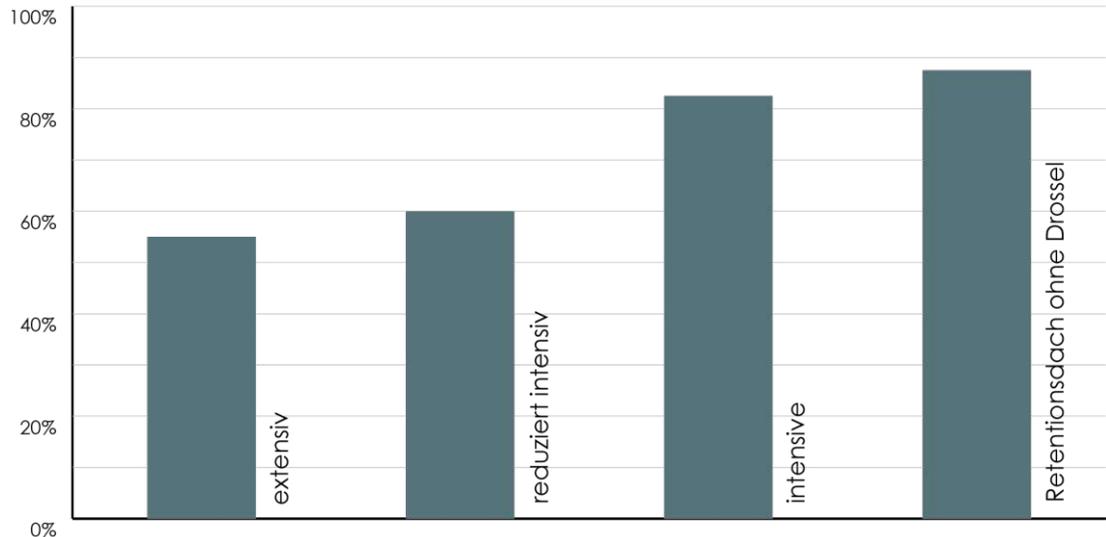


Abb.77: Vergleich der Wasserretention des jährlichen Niederschlages in Prozent, der unterschiedlichen Flachdächer bis 10° Neigung

Vergleicht man Herstellerangaben von Systemaufbauten von Gründächern ist ersichtlich, dass ein Gründach zwischen 50 und 80% der jährlichen Niederschläge speichern kann.

Laut Herstellerangaben von Optigrün können extensive Gründächer mit einer Aufbauhöhe ab 8cm 50 bis 60% des jährlichen Niederschlag auffangen. Reduzierte Intensivbegrünungen können bis zu 70% des jährlichen Niederschlages aufnehmen. Bei klassischen, intensiv begrünten Dächern mit einer Aufbauhöhe ab etwa 25cm beträgt die Aufnahme der jährlichen Niederschläge sogar zwischen 70 bis 95%. Bei Intensivbegrünungen, welche auf Bepflanzung mit kleinen Bäumen ausgelegt ist, ab einer Aufbauhöhe von zika 40cm beträgt der jährliche Rückhalt von 80 bis 95%.

In der Auflistung oben werden jeweils die Mittelwerte dieser Angaben herangezogen. Diese Mittelwerte werden, wie auch jene Werte der CO<sub>2</sub>-Bindung, auf der nächsten Seite für die Studien im Kapitel Konzept herangezogen

Diese Werte werden von diversen Studien bestätigt oder auch übertroffen. Bei Studien an der University of Leeds wurde bei einem konventionellen extensiven Gründach eine jährliche Wasserretention von 66% festgestellt.<sup>56</sup>

Auch eine Studie aus dem Mittelmeerraum, genauer gesagt aus Spanien, bestätigt diese Ergebnisse. Wird die Hälfte aller konventionellen Dächer zu Gründächer umgebaut, reduziert sich der Abflusskoeffizient bei häufigen Regenfällen auf unter 75%.<sup>57</sup>

Schwieriger ist eine Bewertung von geneigten Dächern mit über 15° Neigung. Dies liegt daran, dass bislang kaum Studien dazu durchgeführt wurden und auch von Hersteller hierzu keine Werte angegeben werden. Der Grund dafür ist, dass bei steiler geneigten Dächern zu viele Einflussfaktoren berücksichtigt werden müssen. Lediglich kleinräumige Versuche, beispielsweise der Southern Illinois University Edwardsville zeigen, dass auch hier der Wasserrückhalt von großer Bedeutung ist. Der Versuch wurde mit Dachflächen mit 1°, 20° und 40° Neigung durchgeführt. Mit insgesamt 18 nachgebildeten sehr kleinen Dachflächen mit einer Grundfläche von 2,44 mal 1,22m. Der Versuch zeigte, dass der Wasserrückhalt bei allen Dachtypen ähnlich ist. Im Durchschnitt lag die Retention bei 42,1%.<sup>58</sup>

In diversen anderen Studien wiederum wurde festgestellt, dass der Regenwasserrückhalt bei steileren Dachneigungen abnimmt, beispielsweise in einer Studie der Michigan State University. Dort wurde festgestellt, dass bei Neigungen von rund 15° (76,4% Wasserrückhalt) die Wasserretention im Vergleich zu Flachdächern (85,6%) um rund zehn Prozent sinkt.<sup>59</sup>

Trotz widersprüchlicher Studien kann auch bei stark geneigten Dächern davon ausgegangen werden, dass der mögliche Wasserrückhalt, vor allem in Hitzeperioden von wesentlicher Bedeutung ist. Je stärker die Neigung, umso niedriger wird allerdings die mögliche Wasserretention sein, da das Regenwasser abläuft, bevor es zu einer Versickerung kommt. Da es dazu jedoch keine aufschlussreichen Studien gibt, wird in den Potentialberechnungen lediglich von einer Wasserretention des Speichervolumens des Dachaufbaus ausgegangen.

56 Rizwan/McDonald/Postyko, 2014  
57 Universitat Politcnica de Valencia, 2018

58 Murphy/Morgan/Celik/Retzlaff, 2018  
59 Getter/Rowe/Andersen, 2007

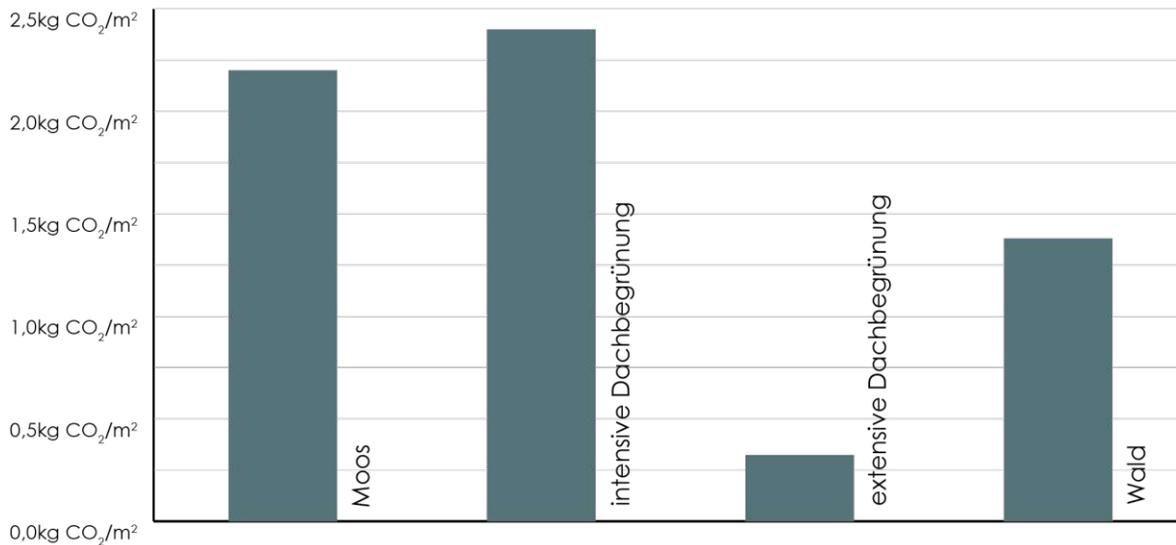


Abb.78: Vergleich CO<sub>2</sub>-Bindung von Dachbegrünungsarten im Vergleich zu durchschnittlicher europäischer Waldflächen in kg/m<sup>2</sup>

## Mikroklima

„Dach- und Fassadenbegrünungen sorgen für Verdunstungskühlung, Erhöhung der Luftfeuchte und Verschattung von Gebäudeteilen und reduzieren so den Hitzestress an heißen Sommertagen.“<sup>54</sup>

Ebenso dienen sie der Erhaltung der Artenvielfalt und als Erweiterung der Lebensräume von Pflanzen und Tieren.<sup>60</sup>

„Die Vegetation von Gründächer bindet, wie alle Pflanzen, Kohlendioxid aus der Luft und erzeugt dabei Sauerstoff.“<sup>55</sup>

Bei der Photosynthese werden aus sechs CO<sub>2</sub> Molekülen und sechs H<sub>2</sub>O Molekülen ein Molekül C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> (Glucose) und sechs Moleküle O<sub>2</sub>. Damit nehmen die Pflanzen der Dachbegrünung CO<sub>2</sub> (Kohlenstoffdioxid) auf und geben O<sub>2</sub> (Sauerstoff) wieder ab. Im Gegensatz dazu produzieren die Pflanzen bei der Atmung CO<sub>2</sub>. Dieses CO<sub>2</sub> ist allerdings nur im Ausmaß von einem Fünftel bis zu einem Drittel des CO<sub>2</sub> welches bei der Photosynthese umgewandelt wird.

„Solange das Blattgrün auf dem Dach zunimmt, wird also Sauerstoff erzeugt und Kohlendioxid verbraucht. Sind Wachstum und Absterben von Pflanzenteilen im Gleichgewicht, wo bleibt immer noch der Vorteil, dass der Luft CO<sub>2</sub> entzogen wurde und in der Pflanze gespeichert bleibt.“<sup>55</sup>

Die Aufnahme und Bindung von CO<sub>2</sub> durch die Begrünung spielt somit eine wesentliche Rolle bei den Planungen der Dachbegrünung. Unterschiedliche Pflanzen nehmen dabei natürlich auch unterschiedlich viel CO<sub>2</sub> auf und speichern dieses. Auch die Bewässerung die Verschattung und andere Faktoren spielen dabei eine mehr oder weniger große Rolle.

Beispielsweise haben einfache Moosdächer eine sehr hohe CO<sub>2</sub> Bindung. Bei einer Kalkulationsgrundlage von 2000 Lux (Schwachlicht), 9°C (=Mitteltemperatur in Deutschland) und bei 2191 Stunden Tageslicht im Jahr, nimmt eine Moosmatte von einem m<sup>2</sup>, was einem Kilogramm Moss entspricht, ein Gramm CO<sub>2</sub> pro Stunde auf. Im Jahr sind dies umgerechnet rund 2,2kg (2191g) CO<sub>2</sub> pro Quadratmeter.<sup>61</sup>

Dies entspricht auch ungefähr der CO<sub>2</sub> Aufnahme von Intensivgrünland mit hoher Vegetation, diese nimmt in etwa 2,4kg CO<sub>2</sub> pro Jahr. Dieser Wert kann auch für eine intensive Dachbegrünung angenommen werden.<sup>61</sup>

Eine Begrünung eines nicht bewässerten extensiven Gründaches kann im Vergleich zu Moosmatte erheblich weniger CO<sub>2</sub> aufnehmen und binden. Ein Quadratmeter der Begrünung kann 0,313kg/m<sup>2</sup> an CO<sub>2</sub> aufnehmen.<sup>62</sup>

Diverse Studien beispielsweise jene der Humboldt-Universität zu Berlin, im Auftrag des Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte aus dem Jahr 2012 bestätigen diese Werte. Ebenso gibt es Untersuchungen der Michigan State University welche zu ähnlichen Ergebnissen kommen.

Zum Vergleich bindet eine durchschnittliche Fichte mit 35 Meter Höhe über 100 Jahre 2,6 Tonnen CO<sub>2</sub>. Eine Buche mit 120 Jahren und 35 Meter Höhe über 3,5 Tonnen CO<sub>2</sub>. Es wird davon ausgegangen das ein Hektar Wald pro Jahr etwa 3,8 Tonnen Kohlenstoff, was 13,8 Tonnen CO<sub>2</sub> entspricht, bindet. Was 1,38kg CO<sub>2</sub> pro Quadratmeter entspricht.<sup>63</sup>

54 Bundesverband GebäudeGrün e.V., 2022  
60 Bundesverband GebäudeGrün e.V., 2022a  
55 Minke, 2010, 9-10.

61 Frahm, 2009  
62 Heusinger/Weber, 2017  
63 Humboldt-Universität zu Berlin, 2012, 11.

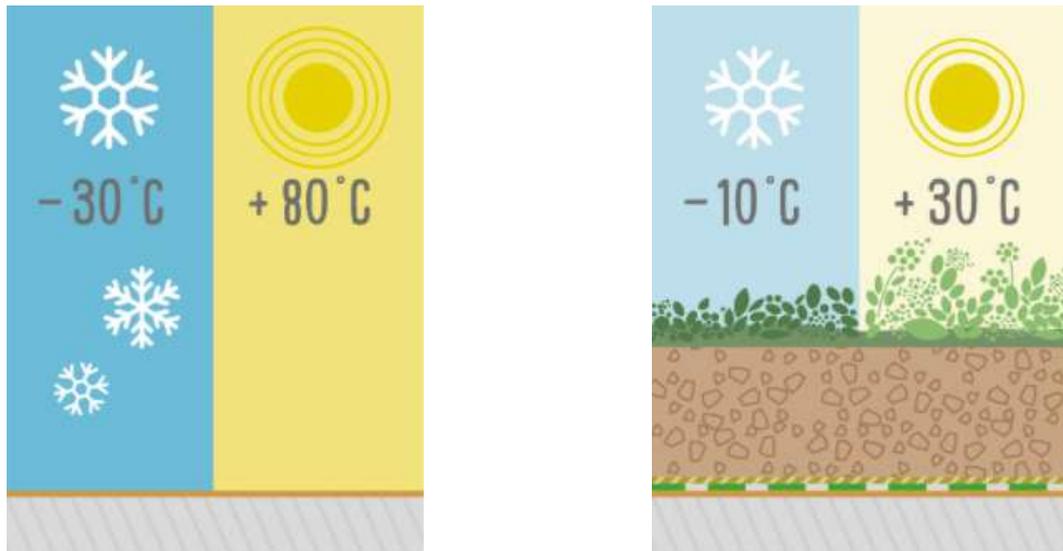


Abb.79, 80: Oberflächentemperaturen auf Dächern im Vergleich: links ohne Dachbegrünung, rechts mit Dachbegrünung

Aber nicht nur bei der CO<sub>2</sub> Bindung spielt die Dachbegrünung eine wesentliche Rolle im Mikroklima der Stadt. Auch für die Feinstaubbindung kann die Begrünung der Gebäude positives bewirken. Dachbegrünungen verbessern auch die Luftqualität der Stadt. Beispielsweise durch Filterung der Luft und Bindung von Feinstaub.

*„Pflanzen können Staub- und Schmutzpartikel aus der Luft filtern. Die Partikel bleiben an der Oberfläche von Blättern haften und werden dann vom Regen in den Boden gespült. Daneben können Pflanzen aber auch gasförmige Schadstoffe und Aerosole absorbieren.“<sup>55</sup>*  
*Sedum-Pflanzen können etwa 10-30% Feinstaub im Größenrahmen von 0,3-5µ aus der Luft filtern.“<sup>60</sup>*

Auch Schwermetalle können von Pflanzen und Dachbegrünungen gebunden werden, wie Untersuchungen bestätigt haben.

*„Messungen an einer Schweizer Bundesstrasse ergaben, dass eine 1 m hohe und 0,75 m breite Hecke die Bleibelastung der dahinterliegenden Vegetation durch ihre Filterwirkung um 50% reduziert.“<sup>55</sup>*  
*„Stickoxide werden durch Dachbegrünungen um 29% und bei Fassadenbegrünungen um 11,7-40% vermindert.“<sup>60</sup>*

Auch eine Verringerung der Staubaufwirbelung kann durch eine Dachbegrünung vermindert werden.

*„Bewachsene Dächer vermindern das Aufheizen der Dachflächen erheblich. Ein nicht durch Pflanzen geschütztes, wärmeisoliertes, bekiestetes Flachdach heizt sich in Mitteleuropa an einem Sommertag bei 25°C Lufttemperatur auf etwa 60°C auf, im Extremfall sogar bis auf 80°C. Dadurch entsteht über den Dächern eine vertikale Luftbewegung („Thermik“), die bei einer 100 m<sup>2</sup> großen Dachfläche 0,5 m/sec. betragen kann. Diese bewirkt, dass die auf Straßen, Plätzen und Höfen abgelagerten Staub- und Schmutzpartikel wieder in die Luft geblasen werden und dass sich über den Wohngebieten Schmutz- und Dunstglocken bilden. Durch begrünte Dächer lässt sich diese Luftbewegung stark reduzieren, denn über Grasflächen entsteht keine Thermik, da bei Sonnenschein die Temperatur im Graspolster stets niedriger ist als die Lufttemperatur.“<sup>55</sup>*

55 Minke, 2010, 10.  
60 Bundesverband GebäudeGrün e.V., 2022a

55 Minke, 2010, 10.

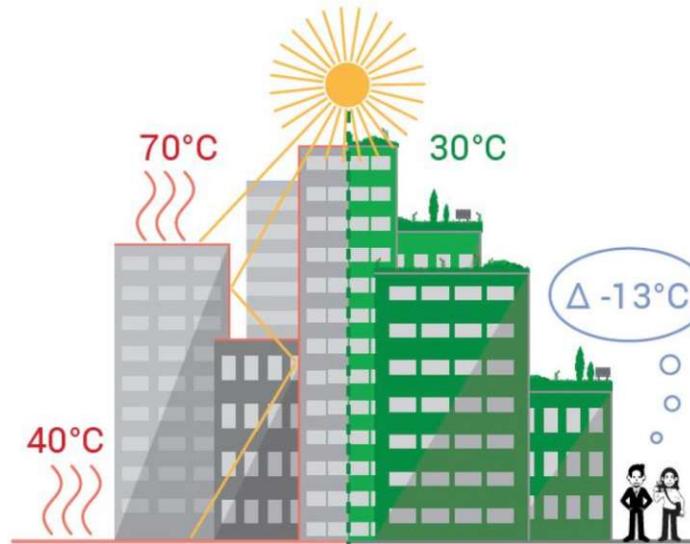


Abb.81: Auswirkungen auf die Umgebungstemperatur durch den Einsatz von Gründächern

Durch die Verdunstung, welche durch die Dachbegrünung stattfindet, wird auch die Umgebungstemperatur der Dachbegrünung gesenkt. Der Hitzestress an heißen Sommertagen wird dadurch positiv beeinflusst.<sup>60</sup>

„Gründächer verdunsten je nach Wasserverfügbarkeit jährlich über  $400\text{l/m}^2$ . Fassadenbegrünungen verdunsten in der Vegetationsperiode zwischen ca.  $2\text{--}15\text{l/m}^2$  am Tag. Diese Kühlleistung führt bei Gründächern zu einer durchschnittlichen Reduktion der Umgebungstemperatur von  $1,34^\circ\text{C}$ , bei Fassadenbegrünungen von  $1,37^\circ\text{C}$ . Simulationen zeigen, dass Fassadenbegrünungen die gefühlte Temperatur in ihrer Umgebung um bis zu  $13^\circ\text{C}$  senken können: Eine Bewässerung der Vegetation von Gründächern und Fassadenbegrünungen z. B. mit gesammeltem Regenwasser, kann die Verdunstung und somit die Kühlleistung selbst in Trockenzeiten auf einem hohen Niveau halten.“<sup>60</sup>

Weitere Studien haben unter anderem gezeigt, dass die Oberflächentemperatur von Gründächern erheblich kühler ist als die Referenzdächer. Dies zeigte beispielsweise eine Messung im August 2012. Hier war die Oberflächentemperatur des Gründaches um  $17^\circ\text{C}$  kühler, als jene des konventionellen Bitumendaches.

In internationalen Studien kamen auch deutlich größere Temperaturunterschiede zwischen Gründach und Referenzdach zustande. Als maximalen Temperaturunterschied wurden bis zu  $33^\circ\text{C}$  nachgewiesen.<sup>60</sup>

Des Weiteren kann die Oberflächentemperatur durch eine Bewässerung der Dachbegrünung weiter gesenkt werden.<sup>60</sup>

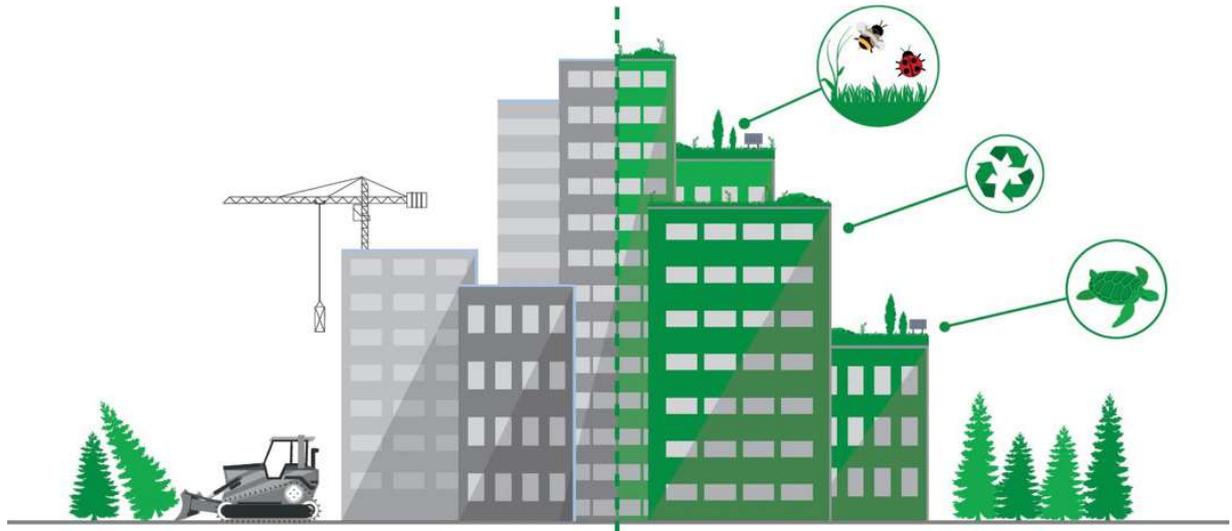


Abb.82: Der positive Effekt von Gründächern auf die Ökologie und Umwelt

### Ökologie und Umwelt

*„Begrünte Dächer mit Wildgräsern und Wildkräutern bieten vor allem Schmetterlingen, Hummeln und Laufkäfern einen Lebensraum. Dächer mit Heidekraut sind eine hervorragende Bienenwiede.“<sup>55</sup>*

Extensivbegrünungen sind dabei unter anderem bei Schmetterlingen, Bienen, Schwebfliegen, Käfer, Ameisen, Wanzen und Larven beliebt.<sup>65</sup>

Bei einer schon länger zurückliegenden Untersuchung aus dem Jahr 1996 wurden drei begrünte Dächer, zwei extensiv begrünt und eines intensiv begrünt, analysiert. Es handelte sich um drei Flachdächer, welche sich nicht nur in der Substrathöhe und Bepflanzung unterschieden, sondern auch in der Dachfläche. Das erste Gründach des „Objekt Baar“ wies eine Dachfläche von 300m<sup>2</sup> auf und eine Substrathöhe von insgesamt 9cm. Bepflanzt war es mit einer Moos-Sedum-Vegetation. Insgesamt wurden in diversen Fällen in 180 Tagen unter anderem 730 Spinnen, 78 Käfer und 106 Fluginsekten wie Bienen oder Hummeln festgestellt. Insgesamt wurden 1114 Tiere nachgewiesen.

Bei der zweiten Dachbegrünung des „Objekt Mäzenkeller“, welche eine Fläche von 150m<sup>2</sup> aufwies, eine Substrathöhe von 9cm hatte und diesmal mit Moos-Sedum-Kräuter-Gras-Vegetation bepflanzt wurde, wurden 498 Spinnen, 183 Käfer und 183 Fluginsekten festgestellt. In Summe sind das 1245 Tiere. Bei der dritten Dachbegrünung, der Intensivbegrünung des „Objekt Ramada“ mit einer Fläche von 1200m<sup>2</sup> und einer Substrathöhe von 16 bis 28cm wurden 337 Spinnen, 358 Käfer 99 Fluginsekten und insgesamt 1975 Tiere nachgewiesen.<sup>60</sup>

Weiters kam in der selben Studie zum Vorschein, dass für die Artenvielfalt eine Substrathöhe von über 15cm von wesentlicher Bedeutung ist. Denn erst ab dieser Substrathöhe können trockenheits- und frostempfindliche Arten überleben und sich Nährstoffkreisläufe und Nahrungsbeziehungen bilden.<sup>60</sup>

In einer weiteren Studie aus Berlin im Jahr 2013 ist zu erkennen, dass die Artenvielfalt, hier im speziellen von Bienen, mit der Zahl der Pflanzenarten steigt. Die Arten der Dächer reichten hier vom halbschattigen neuen Sedumdach bis hin zum etwa 80 Jahre alten Dach. Die Anzahl der Wildbienenarten wurde hier mit Becherfallen über das Jahr 2013 an insgesamt zwölf Dächern analysiert. Die Ergebnisse zeigten, dass sich die Artenvielfalt der Bienen mit der Artenvielfalt der Pflanzen am Gründach steigert. Ebenso wirkt sich die Anzahl der umliegenden Grünflächen und deren Pflanzenarten auf das Ergebnisse aus und zeigen an ob die Art des Substrates geeignet für Bienenester ist. Es ist also eine Frage des Details ob es sich um ein artenreiches oder artenarmes Gründach handelt. Bei einem gering strukturieren Dach zu hoffen, dass es nach Jahren ein artenreiches wird, wäre trügerisch.<sup>65</sup>

*„Es werden durch die Planung die Weichen gestellt, ob es sich zukünftig um ein artenreiches oder ein artenarmes Dach handeln wird. Diese Analyse bestätigt die Bedeutung guter Detailplanung und der richtigen Bepflanzung.“<sup>65</sup>*

55 Minke, 2010, 13.

64 grün statt grau, 2021

63 Humboldt-Universität zu Berlin, 2012, 11.

65 Köhler, 2014

60 Bundesverband GebäudeGrün e.V., 2022a

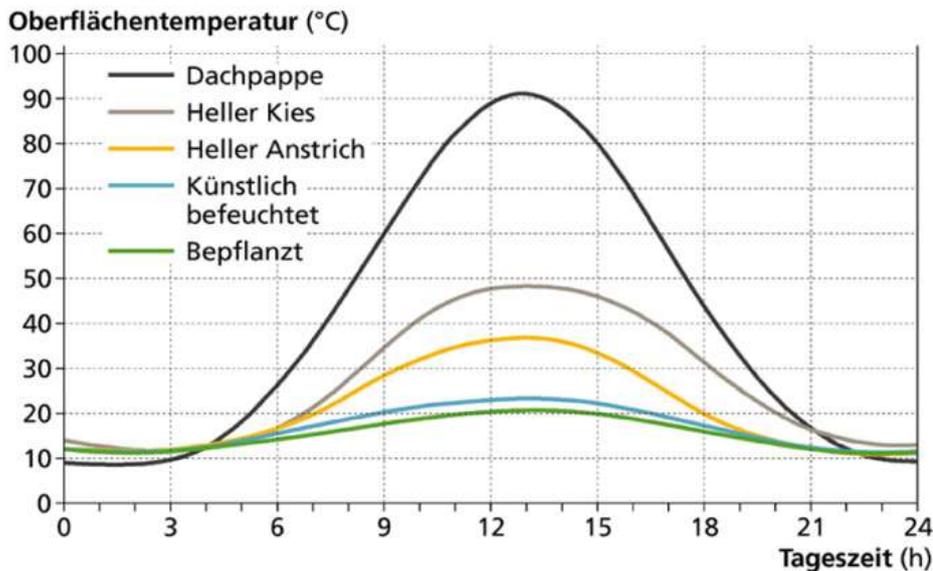


Abb.83: Oberflächentemperaturen verschiedener Dachabdeckungen im Tagesverlauf

**Schutz der Dachhaut**

Einer der weiteren Vorteile von Begrünungen ist der Schutz der Dachhaut. Die Haltbarkeit aller konventionellen Dächer, wie Bitumendachbahnen, Ziegeln, Schindeln, Blech oder anderen ist durch Witterungseinflüsse begrenzt. Hitze, Kälte, Sonnenstrahlung, Wind und Gase können die Dachabdichtung mechanisch, chemisch oder biologisch zersetzen. Einerseits reduziert sich die Temperaturschwankung, die auf die Abdichtung einwirkt, durch den Schutz des Aufbaus der Begrünung, andererseits wird auch die Strahlung abgehalten.<sup>55</sup>

Die Lebensdauer von konventionellen Dachabdichtungen liegt zwischen 20 bis 30 Jahren. Oftmals treten Schäden auch schon deutlich früher auf. Bei extensiven Gründächern wird diese Lebensdauer bei fachgerechter Herstellung der Abdichtung und des Dachaufbaus auf 40 Jahre verlängert. Die Lebensdauer fällt hier zusätzlich mit anderen Austauschzyklen des Dachaufbaues zusammen, wodurch diese gemeinsam getauscht werden können.<sup>64</sup>

**Dämmwirkung**

Eine Untersuchung des Wärmedurchgangswertes bei typischen Substratschichten eines extensiven Gründaches, einschließlich der Vegetationsschicht, wurde von einer Arbeitsgruppe an der Hochschule Neubrandenburg analysiert. Es wurde dabei der Wärmedurchgangseffekt eines Jahres bei unterschiedlichen klimatischen Bedingungen studiert. Dabei wurde unter anderem ein winterlicher positiver Dämmeffekt von etwa 2 bis 10% festgestellt. Wenn man betrachtet, dass in etwa 22% der Wärmeverluste von Gebäuden über das Dach hinaus entweichen, erbringt dies eine außerordentliche Einsparung und entspricht in etwa einer zusätzlichen Dämmschicht von einem Zentimeter Dämmstoff.<sup>66</sup>

„Der sommerliche Effekt ist ebenfalls vorhanden. Die erheblichen Temperaturreduzierungen verhindern einen starken Wärmeeintrag in die Gebäude. In tropischen Klimaten, etwa in Singapur, ist dieser Temperatureffekt der sommerlichen Kühlung das entscheidende Argument für extensiv begrünte Dächer. Dieser Effekt bewirkt eine Reduktion der sommerlich bedingten Wärmelast bei einem typischen Gebäude um 60%. Für Gebäude insbesondere mit hoher innerer Wärmelast ergeben sich hier in Zukunft Potenziale bei der Bemessung von Klimaanlagen.“<sup>54</sup>

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar. The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

55 Minke, 2010, 10-11.  
64 grün statt grau, 2021

66 Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 2010  
54 Bundesverband GebäudeGrün e.V., 2022

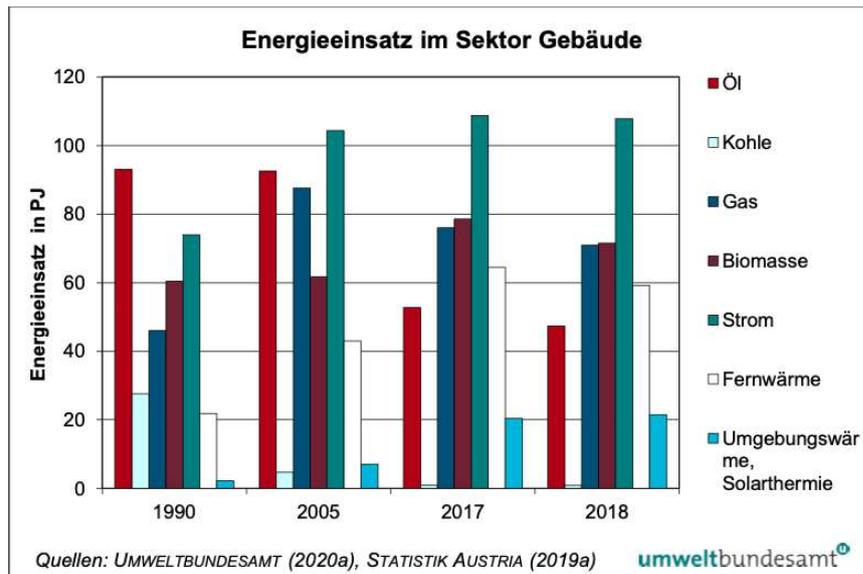


Abb.84: Endenergieeinsatz im Sektor Gebäude in Österreich im Jahr 2018

### Energie

„Die sommerlich mittägliche Aufheizung ist ein Nebeneffekt der solaren Einstrahlung und reduziert dabei die Stromproduktion. Lässt sich nun die PV-Anlage auf einem Gründach geschickt positionieren, könnte die Kühlung einen Mehrertrag liefern.“

Die Stromproduktion mit Solarzellen ist also eine temperaturabhängige Größe. Die Kühlung der Photovoltaikzellen ist eine Möglichkeit die Effizienz der PV-Anlage zu verbessern.<sup>66</sup>

Solaranlagen über Gründächern können im Vergleich zu Solaranlagen über Bitumendächern einen Mehrertrag von 4 bis 5% liefern.<sup>54</sup>

Beachtet muss allerdings werden, dass die Vegetation nur dann erfolgreich wächst, wenn eine Bewässerung ermöglicht wird. Somit muss durch die PV-Anlage Wasser auf die Begrünung geleitet werden. Ebenso benötigt die Begrünung Sonnenlicht. Die Module haben hier die Wirkung von Sonnenschirmen. Unter den Modulen verändert sich die Anforderung von Vegetation für vollsonnige Plätze auf „Allweltsarten“. Ebenso sind Pflegemaßnahmen notwendig, damit die Pflanzen nicht zu hoch wachsen und die PV-Module verschatten.<sup>66</sup>

Wie bereits bei der Dämmwirkung beschrieben, ergeben sich auch erhebliche Vorteile durch eine Dachbegrünung für die Kühlung von Gebäuden. Neben der sommerlichen Kühlung spielt auch die mögliche Einsparung von Klimaanlagen eine Rolle. Die Einsparung von Energie, aber auch von notwendigen Kältemitteln für die Anlagen bringt einen positiven Einfluss auf die Umwelt, aber auch auf die Wirtschaftlichkeit der Gebäude.

„Klimaanlagen verwenden F-Gase als Kältemittel. Diese sind 100x – 10.000x schädlicher für die Umwelt als CO<sub>2</sub>. Im Sommer dient ein grünes Dach als Hitzeschild, somit benötigt es weniger Klimaanlagen.“<sup>67</sup>

In der Abbildung 81 wird der Endenergieverbrauch in den österreichischen Haushalten im Jahr 2018, aufgeteilt nach Energiemittel, dargestellt. Der Stromverbrauch im Sektor Gebäude umfasst neben der Raumwärme auch Energien für Kühlgeräte, Energie für Kochen, Beleuchtung und alle weiteren Verbraucher im Gebäudesektor. Angegeben ist der Energieverbrauch in Petajoule.

Das Einsparungspotential ist also enorm. Vor allem im Bereich Raumheizung und Raumkühlung kann die Gebäudebegrünung einen wesentlichen Beitrag leisten.

### Fazit

Ersichtlich ist, dass Gründächer eine Vielzahl an Vorteilen mit sich bringen. Diese wären vor allem in städtischen Gebieten außerordentlich wertvoll. In der Stadtplanung können die Vorteile von Gründächern auch punktuell in Zonen eingesetzt werden, in welchen starke Hitzeinseln vorherrschen, oder vermehrt Überflutungen stattfinden.

Ein weiterer positiver Effekt ist, dass sich die Vorteile der Gründächer kombinieren und nicht gegenseitig ausschließen. Wobei durch einzelne Dachtypen auf spezielle Vorteile eingegangen werden kann. Die Dachtypen werden im nächsten Teil genauer erläutert.

66 Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 2010  
54 Bundesverband GebäudeGrün e.V., 2022

67 Plantika.at, 2022

## 3.8

# GRÜNDACHTYPEN

wichtigste Gründachtypen			
Typ	Neigung	Aufbauhöhe	Bepflanzung
A	0°	bis 10cm	Sedum, Kräuter, Gräser
B	0°	ab 12cm	Rasen, Stauden, Gehölz, Bäume, Obst, Gemüse
C	0°	ab 8cm	Sedum, Kräuter, Gräser, Gehölze
D	15°	bis 15cm	Sedum, Kräuter, Gräser
E	30°	bis 15cm	Sedum, Kräuter, Gräser
F	45°	bis 15cm	Sedum, Kräuter, Gräser
G	0-15°	ab 3cm	Moose

Abb.85: wichtige Gründachtypen mit Neigung, Aufbauhöhe und möglicher Bepflanzung

### Gründachtypen

Nach der Analyse über die Vorteile von Gründächern, erfolgt ein Versuch diese Vorteile auf die unterschiedlichen Gründachtypen anzuwenden.

Dazu wurden die Dächer in unterschiedliche Typen eingeteilt. Die wichtigsten Kriterien dabei sind einerseits die Neigung, andererseits die Dachbegrünung und der dafür notwendige Aufbau.

Wie dabei ersichtlich wurde, weisen unterschiedlichen Typen sehr unterschiedliche Potentiale auf. Die zu berechnenden Potentiale sind der Wasserrückhalt, aber auch die CO<sub>2</sub>-Bindung des Daches. Durch Herstellerangaben, aber auch durch unterschiedliche Forschungen sind hierfür Kennzahlen pro Quadratmeter Dachbegrünung bekannt. Diese können für die jeweilige Dachfläche angesetzt und berechnet werden. Beide Faktoren sind auch für die Stadtplanung von wichtiger Bedeutung.

### Wasserrückhalt

Für den Wasserrückhalt ist vor allem der Aufbau des Daches und weniger die Begrünung ausschlaggebend. Grundsätzlich gilt, je höher der Aufbau umso höher der mögliche Wasserrückhalt. Aber auch unterschiedliche Komponenten im Dachaufbau selbst können eine Rolle spielen. Da der Wasserrückhalt eine sehr wichtige Rolle, vor allem in stark versiegelten Gebieten spielt, gibt es hierfür am Markt bereits etliche Sonderlösungen als Systemdachaufbauten, welche besonders auf einen hohen Wasserrückhalt ausgelegt sind. Die sogenannten Retentionsdächer.

### CO<sub>2</sub>-Bindung

Anders als beim Wasserrückhalt ist bei der CO<sub>2</sub>-Bindung vor allem die Vegetation ausschlaggebend. Diese nimmt das CO<sub>2</sub> auf, wandelt es während der Photosynthese um und gibt Teile des CO<sub>2</sub> auch in die Vegetationsschicht ab. Dabei ist vor allem die Oberfläche der Pflanzen von Bedeutung. Eine Moosfläche von einem Quadratmeter nimmt laut Untersuchungen beispielsweise 2,2kg CO<sub>2</sub> pro Jahr auf, wandelt dieses um und speichert es. Einen ähnlichen Wert erreicht auch eine intensive Dachbegrünung, diese nimmt in etwa 2,4kg/m<sup>2</sup> auf. Somit ist ersichtlich, dass eine sehr einfache Moosbegrünung, beispielsweise durch Matten, direkt auf der Abdichtung aufgebracht oder auf der bestehenden Dachdeckung, ähnliche Werte erzielt wie eine aufwendige intensive Dachbegrünung.

Durch die Mehrwerte von Begrünungen, nicht nur im Hinblick auf die CO<sub>2</sub>-Bindung, sondern auch weitere Schadstoffbindungen und Feinstaubbindung, können Dachbegrünungen wichtige Planungsinstrumente werden.

### Typen

Durch die Einteilung der Gründachkonstruktionen kamen folgende neun Typen zu stande:

Typ A	0° Neigung	extensiv
Typ B	0° Neigung	intensiv
Typ C	0° Neigung	Retentionsdach
Typ D	15° Neigung	extensiv
Typ E	30° Neigung	extensiv
Typ F	45° Neigung	extensiv
Typ G	0-15° Neigung	Matten
Typ H	0°-45° Neigung	Solardach
Typ I	0° Neigung	Sumpfdach

In der Abbildung 85 sind die möglichen Bepflanzungen dieser Typen ersichtlich.

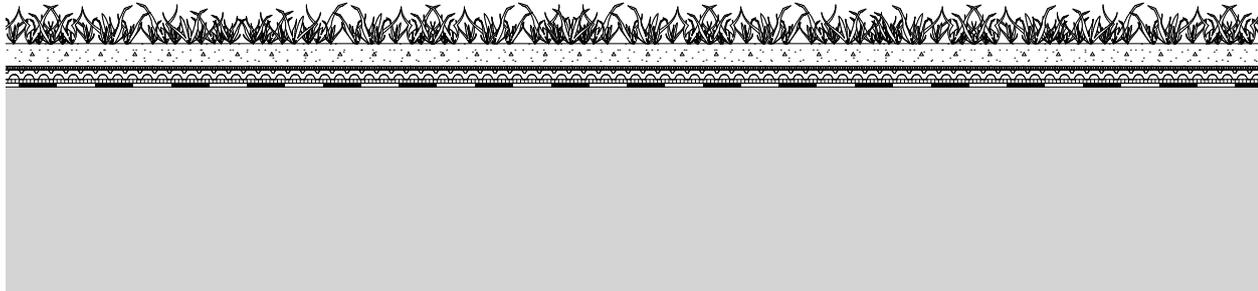


Abb.86: Beispielsaufbau: extensives Gründach mit Neigung von 0-5°

**Typ A**

Bei Typ A handelt es sich um ein Flachdach mit extensiver Dachbegrünung.

**Aufbau**

Die Aufbauhöhe von extensiven Dachbegrünungen beträgt in der Regel zwischen 8 und 12cm.

Der Aufbau, setzt sich in der Regel wie folgt zusammen:

- Abdichtung
- Trennschicht, Schutzvlies
- Dränschicht mit Wasserspeicherung
- Filtervlies
- Substratschicht
- Vegetation

Der Aufbau berücksichtigt nur den Aufbau des Gründaches selbst und nicht die Dachkonstruktion. Seine geringen Aufbauhöhe, das geringe Gewicht und die vielseitige Einsatzmöglichkeit sind Vorteile. Die meisten Dachkonstruktionen sind ohne Adaptionen für ein extensive Gründach geeignet.

Das Wasserspeichervermögen von extensiven Flachdachaufbauten liegt laut Herstellerangaben zwischen 20,0 und 50,0 Liter.

**Bepflanzung**

Aufgrund der geringen Substrathöhe und der oft geringen Wasserversorgung ist die Auswahl der Vegetation eingeschränkt. Sie beschränkt sich auf Sedum, Kräuter und Gräser, also eine Bodendeckende nicht sehr hohe Bepflanzung. In Sachen CO<sub>2</sub>-Bindung beläuft sich diese auf etwa 0,313kg/m<sup>2</sup>. Bei Begrünung mit Sedumbepflanzung ist auch eine Ausführung in Schattenlagen möglich. Die einfache Bepflanzung bedarf kaum einer Pflege, nach der Anwuchspflege sind jährliche Kontrollgänge ausreichend.

**Systemaufbauten**

Im Vergleich von verschiedenen Systemaufbauten wurden zum größten Teil ähnliche Werte in den Kategorien Gewicht (80 bis 120kg/m<sup>2</sup>) und Wasserspeichervermögen (25,0 bis 50,0l/m<sup>2</sup>) festgestellt. Beim Systemaufbau „BauderGREEN Extensiv Kräuterdach plus“ ist festzuhalten, dass dieser von Seiten des Herstellers als extensives Gründach angegeben ist, aufgrund der Aufbauhöhe aber eher als intensives anzunehmen ist. Die Systeme „Optigrün Leichtdach und Leichtdach plus“ sind Spezialsysteme für Dächer mit geringer Lastaufnahme.

Typ A (Flachdach, extensiv)				
Name	Neigung	Aufbauhöhe	Gewicht	Wasserspeichervermögen
BauderGREEN Extensiv Sedumdach einfach	1-5°	10cm	111kg/m <sup>2</sup>	36,0l/m <sup>2</sup>
BauderGREEN Extensiv Sedumdach leicht	0-5°	10cm	81kg/m <sup>2</sup>	32,6l/m <sup>2</sup>
BauderGREEN Extensiv Kräuterdach	1-5°	10cm	122kg/m <sup>2</sup>	43,2l/m <sup>2</sup>
BauderGREEN Extensiv Kräuterdach plus	0-5°	16cm	179kg/m <sup>2</sup>	67,5l/m <sup>2</sup>
Zinco Sedumteppich	0-5°	9cm	95kg/m <sup>2</sup>	25,0l/m <sup>2</sup>
Zinco Steinrosenflur	0-5°	10cm	110kg/m <sup>2</sup>	36,0l/m <sup>2</sup>
Optigrün Spardach	0-5°	8cm	90kg/m <sup>2</sup>	25,0l/m <sup>2</sup>
Optigrün Spardach plus	0-5°	9cm	85kg/m <sup>2</sup>	40,0l/m <sup>2</sup>
Optigrün Leichtdach	0-5°	6cm	55kg/m <sup>2</sup>	18,0l/m <sup>2</sup>
Optigrün Leichtdach plus	0-5°	8,5cm	65kg/m <sup>2</sup>	49,0l/m <sup>2</sup>
Optigrün Naturdach	0-5°	10cm	95kg/m <sup>2</sup>	30,0-80,0l/m <sup>2</sup>

Abb.87: Aufstellung Dachsysteme (Quelle: Herstellerhomepage am: 14.3.2023)

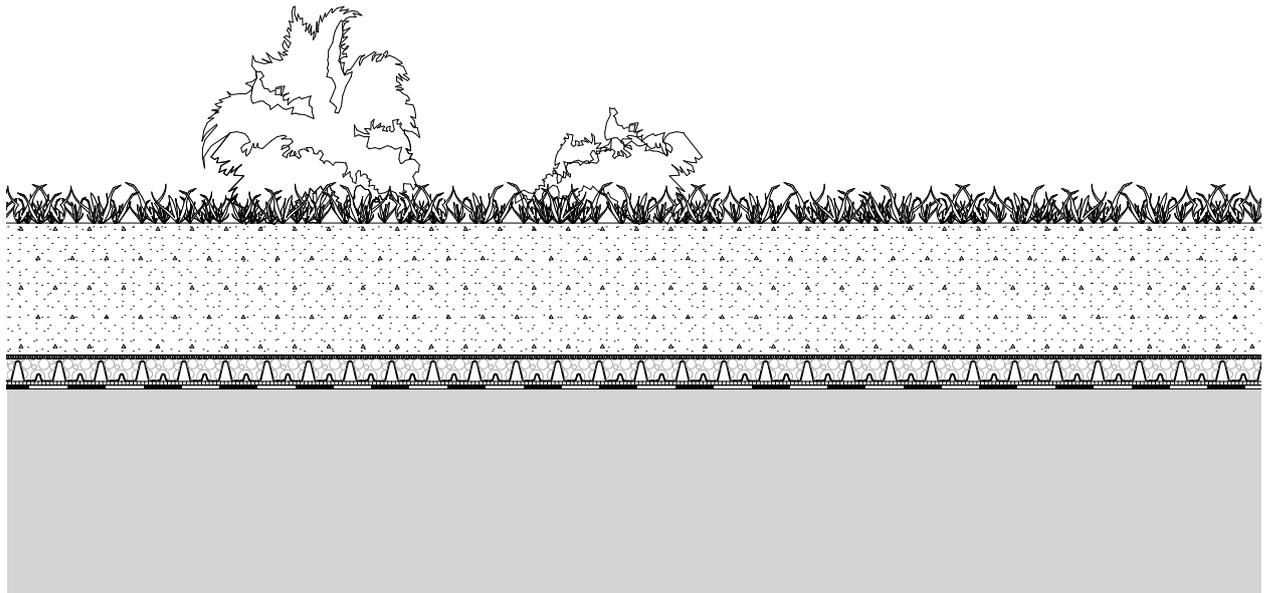


Abb.89: Beispielaufbau: intensives Gründach mit Neigung von 0-5°

### Typ B

Bei Typ B handelt es sich um ein Flachdach mit intensiver Dachbegrünung.

#### Aufbau

Die Aufbauhöhen bei Intensivbegrünungen beginnen laut ÖNORM bei rund 20cm und setzt sich in der Regel wie folgt zusammen:

- Abdichtung
- Trennschicht, Schutzvlies
- Dränschicht mit Wasserspeicherung
- Filtervlies
- Substratschicht
- Vegetation

Der Unterschied zur extensiven Begrünung ist vor allem die dickere Substratschicht, ab etwa 20cm für Rasenbegrünungen und der dickeren Dränschicht für eine höhere Wasserspeicherfunktion, diese ist rund 6cm dick.

Das Wasserspeichervermögen liegt hier in etwa zwischen 110,0l/m<sup>2</sup> und 230l/m<sup>2</sup>. Der Vorteil der intensiven Dachbegrünung liegt also in der Wasserspeicherung, der Nachteil im Gewicht. Eine nachträgliche Installation ist ohne Anpassung der Tragkonstruktion des Daches daher nur in einzelnen Fällen möglich.

### Bepflanzung

Aufgrund der dicken Substratschicht ist bei der intensiven Dachbegrünung eine nahezu natürliche Landschaft nachzubilden. Bei einer Aufbauhöhe ab 20cm sind kleine Stauden, Gehölze und Rasenbegrünungen möglich. Ab 35cm auch hohe Stauden und Gehölze. Bereits ab 50cm Kleinbäume und ab 80cm können Bäume gepflanzt werden. Die CO<sub>2</sub>-Bindung beläuft sich hier auf 2,4kg/m<sup>2</sup>.

### Systemaufbauten

In der Analyse der verschiedenen Systemaufbauten (Abb.86), ist auch die Bandbreite der Intensivbegrünungen ersichtlich. Der Aufbau „Zinco Lavendelheide“ wäre als reduzierte Intensivbegrünung anzusehen. Sie ist ausgelegt auf eine Begrünung mit blühenden Stauden und Kräutern, also bodendeckende Flachstauden. Das System „Optigrün Landschaftsdach“ ist beispielsweise auf Begrünungen mit Stauden, Gehölzen und Kleinbäumen ausgelegt. Bei „BauderGREEN Intensiv Dachgarten Bäume“, mit einer Aufbauhöhe von mindestens 100cm, ist bereits eine Bepflanzung mit Bäumen möglich. Die Aufbauhöhen beginnen bei etwa 25cm und reichen bis zu einem Meter. Die Flächenlast beläuft sich von 320kg/m<sup>2</sup> bis zu 1249kg/m<sup>2</sup>.

Typ B (Flachdach, intensiv)				
Name	Neigung	Aufbauhöhe	Gewicht	Wasserspeichervermögen
BauderGREEN Intensiv Dachgarten Stauden	0-5°	35cm	508kg/m <sup>2</sup>	209,0l/m <sup>2</sup>
BauderGREEN Intensiv Dachgarten Gehölze	0-5°	60cm	789kg/m <sup>2</sup>	230,0l/m <sup>2</sup>
BauderGREEN Intensiv Dachgarten Bäume	0-5°	100cm	1249kg/m <sup>2</sup>	230,0l/m <sup>2</sup>
Zinco Lavendelheide	0-5°	14cm	160kg/m <sup>2</sup>	60,0l/m <sup>2</sup>
Zinco Dachgarten	0-5°	27cm	370kg/m <sup>2</sup>	136,0l/m <sup>2</sup>
Zinco Urban Farming	0-5°	25cm	300kg/m <sup>2</sup>	100,0l/m <sup>2</sup>
Zinco natureline	0-5°	27cm	340kg/m <sup>2</sup>	110,0l/m <sup>2</sup>
Optigrün Gartendach	0-5°	26cm	320kg/m <sup>2</sup>	110,0-160,0l/m <sup>2</sup>
Optigrün Landschaftsdach	0-5°	42cm	600kg/m <sup>2</sup>	180,0-320,0l/m <sup>2</sup>

Abb.89: Aufstellung Dachsysteme (Quelle: Herstellerhomepage am: 14.3.2023)

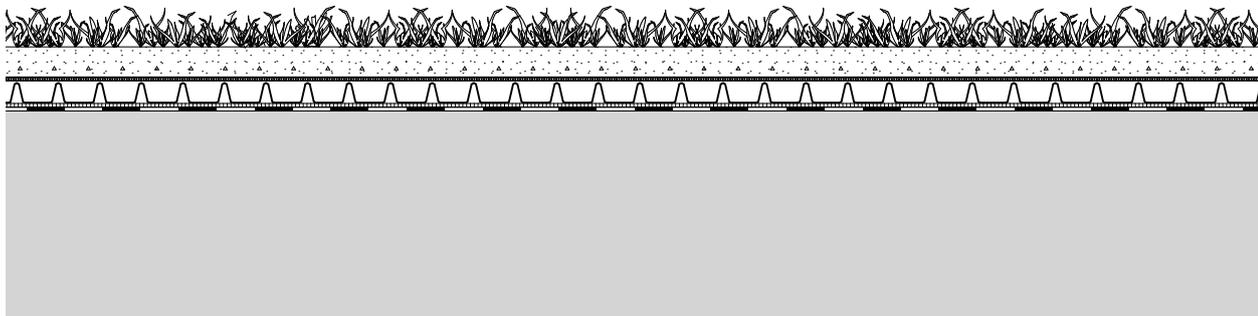


Abb.90: Beispielsaufbau: Retentionsdach mit Neigung von 0-5°

**Typ C**

Typ C ist ein Spezialdach für ein höheres Wasserspeichervermögen. Ein sogenanntes Retentionsdach. Diese sind sowohl als extensiv, als auch als intensiv begrünte Dächer möglich.

**Aufbau**

Der Aufbau ist aufgrund der höheren Drainschicht, diese besteht hier aus einem Wasserrückhalteelement, miteinander verbundene „Auffangbecher“, höher als beispielsweise bei extensiven Begrünungen. Der Aufbau setzt sich in der Regel ähnlich zusammen:

- Abdichtung
- Trennschicht, Schutzvlies
- Wasserrückhalteelement (Dränschicht)
- Filtervlies
- Substratschicht
- Vegetation

Hier wurden auch bereits Spezialdachsysteme mit sogenannten Drosseln entwickelt. Anstelle des Dränelementes wird hier ein Wasser-Retentions-element eingesetzt, welches überflüssiges Wasser aufnimmt. Mit Hilfe einer Drossel wird dieses Wasser, wenn es benötigt wird, nach und nach wieder abgegeben, beispielsweise in langen Trockenperio-

den. Angelehnt ist dieses System an die Schwammstadt, welche ähnlich funktioniert. Dies dient einerseits der Dachbegrünung als Bewässerung, als kühlendes Element für die Umgebung und der Oberflächen, aber auch als Wasserrückhalt. Im Regenwassermanagement der Städte zeigt sich dies positiv und verhindert im besten Fall Überschwemmungen, oder verringert das Ausmaß dieser.

**Bepflanzung**

Je nach Aufbau des Retentionsdaches ist eine Bepflanzung, ident zu extensiven Gründächern, oder intensiven Gründächern möglich.

**Systemaufbauten**

Im Gegensatz zu Typ A, der extensiven Begrünung ist ersichtlich, dass sowohl der Aufbau als auch das Gewicht höher sind. Das höhere Gewicht resultiert vor allem aus der höheren Wasserspeicherung. Die Flächenlast auf die darunterliegende Dachkonstruktion beläuft sich auf mindestens 90kg/m<sup>2</sup>. Bei wirksamen Retentionsdächern, wie beim System „Optigrün Drossel Intensiv“ liegt diese bei bis zu 300kg/m<sup>2</sup>. Bei Systemen mit Drosseln kann im Vergleich zu herkömmlichen Begrünungen rund die doppelte Wassermenge, bei gleicher Begrünung, aufgenommen werden.

Typ C (Flachdach, Retentionsdach)				
Name	Neigung	Aufbauhöhe	Gewicht	Wasserspeichervermögen
BauderGREEN Retention System Abflussbeiwert	0-5°	10-16cm	100-172kg/m <sup>2</sup>	37,0-60,0l/m <sup>2</sup>
BauderGREEN Retention System Abflussbeiwert Schwamm	0-5°	10-16cm	112-184kg/m <sup>2</sup>	34,7-58,1l/m <sup>2</sup>
BauderGREEN Retention System Drossel	0°	22cm	172kg/m <sup>2</sup>	95,0l/m <sup>2</sup>
BauderGREEN Retention System Drossel Schwamm	0°	20-22cm	223-293kg/m <sup>2</sup>	65,0l/m <sup>2</sup>
Zinco Retentionsdach	0-5°	15cm	150kg/m <sup>2</sup>	75,0l/m <sup>2</sup>
Optigrün Retentionsdach Mäander 30	0-5°	9cm	90kg/m <sup>2</sup>	40,0l/m <sup>2</sup>
Optigrün Retentionsdach Mäander 60	0-5°	12cm	110kg/m <sup>2</sup>	55,0-100,0l/m <sup>2</sup>
Optigrün Drossel Extensiv und Einfach Intensiv	0°	14cm	100kg/m <sup>2</sup>	110,0l/m <sup>2</sup>
Optigrün Drossel Intensiv	0°	33cm	320kg/m <sup>2</sup>	170,0l/m <sup>2</sup>

Abb.91: Aufstellung Dachsysteme (Quelle: Herstellerhomepage am: 14.3.2023)

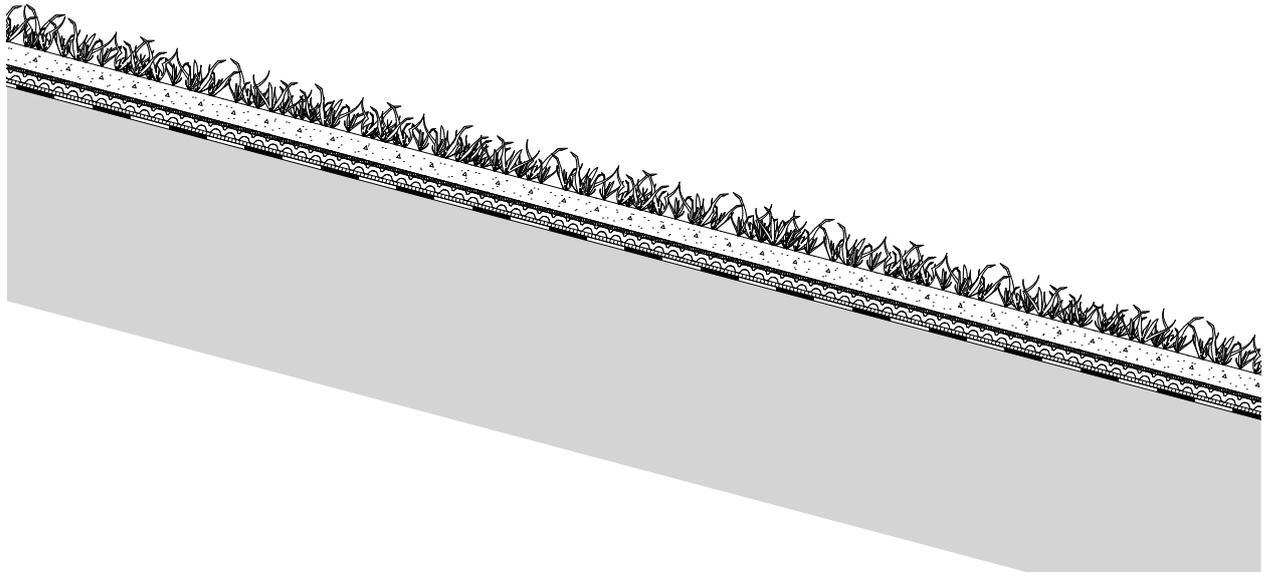


Abb.92: Beispielaufbau: extensives Gründach mit geringer Neigung von 5-15°

### Typ D

Typ D, ist ein Dach mit leichter Neigung mit bis zu 15°. Im Regelfall werden Schrägdächer als extensive Gründächer ausgeführt.

### Aufbau

Die Aufbauhöhen beginnen bei Intensivbegrünungen laut ÖNORM bei rund 20cm und setzen sich in der Regel wie folgt zusammen:

- Abdichtung
- Trennschicht, Schutzvlies, Speichervlies
- Dränschicht mit Wasserspeicherung
- Substratschicht
- Vegetation (Matte)

Bei Dachneigungen von 15° ist noch keine Schubsicherung notwendig, erst bei Neigungen die darüber hinausgehen. Die meisten dieser Aufbauten werden, ebenso wie Flachdachbegrünungen, mit Dränschichten ausgeführt.

Die Aufbauhöhen beginnen bei rund 10cm und reichen bis zu 15cm Höhe. Die Substrathöhe liegt zumeist zwischen 6cm und 10cm. Je nach System und Aufbau unterscheidet sich auch die Kapazität der Wasserspeicherung.

### Bepflanzung

Die Vegetation ist ident mit jener von Typ A. Sie wird mit Sedum, Kräuter oder Gräser ausgeführt. Eine Sedum Bepflanzung ist auch in Schattenlagen möglich. Die CO<sub>2</sub>-Bindung liegt bei diversen Untersuchungen bei etwa 0,3kg/m<sup>2</sup>.

### Systemaufbauten

Im Vergleich mit diversen Systemaufbauten sind keine großen Unterschiede wahrnehmbar. Evident ist jedoch, je höher der Aufbau umso höher das Gewicht und auch das Wasserspeichervermögen. Die Systeme von Bauder und Zinco weisen Aufbauhöhen von 13 bis 15,5cm sowie ein Gewicht von 105 bis 150kg/m<sup>2</sup> auf. Das Wasserspeichervermögen liegt zwischen 38 und 51l/m<sup>2</sup>. Zu berücksichtigen ist, dass Systeme, welche auch über 15° Neigung einsetzbar sind, laut ÖNORM mit Schubsicherungen zu versehen sind.

Typ D (15°, extensiv)				
Name	Neigung	Aufbauhöhe	Gewicht	Wasserspeichervermögen
BauderGREEN Schrägdach 15°	5-15°	13cm	132kg/m <sup>2</sup>	43,6l/m <sup>2</sup>
BauderGREEN Schrägdach 25°	15-25°	15,5cm	149kg/m <sup>2</sup>	51,1l/m <sup>2</sup>
Zinco Schrägdachbegrünung 25°	5-25°	13-15cm	105-135kg/m <sup>2</sup>	38-44l/m <sup>2</sup>
Optigrün Schrägdach	5-15°	11cm	100kg/m <sup>2</sup>	25,0l/m <sup>2</sup>
Optigrün Schrägdach System P	10-30°	11cm	100kg/m <sup>2</sup>	25,0l/m <sup>2</sup>

Abb.93: Aufstellung Dachsysteme (Quelle: Herstellerhomepage am: 14.3.2023)

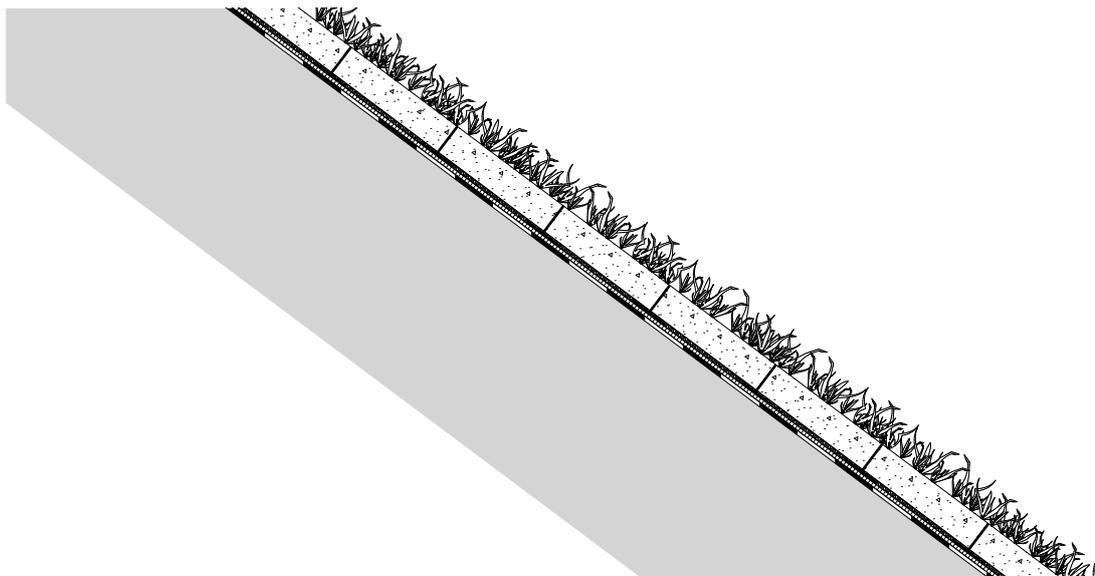


Abb.94: Beispielsaufbau: extensives Gründach mit großer Neigung von 15-45°

**Typ E und Typ F**

Bei Typ E und Typ F handelt es sich um Schrägdächer mit über 15° Neigung. Unterteilt in die Typen:

- Typ E 15 - 30° Neigung
- Typ F 30 - 45° Neigung

Zu berücksichtigen ist dabei, dass in der ÖNORM nur Dachneigungen mit bis zu 30° Gefälle behandelt werden. Aus technischer Sicht sind jedoch auch Dachneigungen von 30-45° möglich.

**Aufbau**

Die Komponenten der Aufbauten entsprechen jenen von Typ D mit Neigungen bis 15°.

- Abdichtung
- Trennschicht, Schutzvlies, Speichervlies (Dränschicht mit Wasserspeicherung)
- Substratschicht
- Vegetation (Matte)

Im Unterschied zu Dächern mit nur 15° Neigung entfällt bei Dächern ab etwa 25° Neigung zumeist die Dränschicht. Das Substrat wird direkt auf das Schutzvlies aufgebracht. Ebenfalls ist zu beachten, dass ab 15° eine Schubsicherung notwendig ist. Diese ist in unterschiedlichen Formen möglich.

Beispielsweise als Platte, Fixierleiste oder als Netz. Bei Dachsonderformen ist eine Seilsicherung mit dazwischen eingespannten Trägern möglich. Aufgrund der notwendigen Sicherung und dem Wegfall der Dränmatten ist die Aufbauhöhe im Vergleich zu Typ D etwas geringer.

**Bepflanzung**

Die Vegetation ist hier fast ausschließlich durch Sedum-Bepflanzung durchführbar. Bei höheren Substratschichten ist auch eine Sedum, Kräuter und Gräser Begrünung möglich. Die CO<sub>2</sub>-Bindung liegt wiederum bei etwa 0,3kg/m<sup>2</sup>.

**Systemaufbauten**

Vor allem bei über 30° Dachneigung sind nur noch sehr wenige Systemaufbauten zu finden. Diese unterscheiden sich vor allem durch die ausgeführte Schubsicherung. Die Sicherung erfolgt beim Zinco System durch Rasterplatten aus Polyethylen, ausführbar bis 35° Neigung. Auch das „System P“ von Optigrün, welches bis zu einer Neigung von 30° ausführbar ist, verwendet dieses System. Systeme die bis 45° Dachneigung ausführbar sind, sind allesamt von Optigrün. „System N“ (Netzssicherung), „System T“ (Träger) und „System S“ (Seilsicherung).

Typ E (30°, extensiv)				
Name	Neigung	Aufbauhöhe	Gewicht	Wasserspeichervermögen
Zinco Schrägdachbegrünung 35°	25-35°	12cm	155kg/m <sup>2</sup>	64,0l/m <sup>2</sup>
Optigrün Schrägdach System P	10-30°	11cm	100kg/m <sup>2</sup>	25,0l/m <sup>2</sup>
Optigrün Schrägdach System N	15-45°	8cm	100kg/m <sup>2</sup>	30l/m <sup>2</sup>
Optigrün Schrägdach System T	15-45°	10cm	120kg/m <sup>2</sup>	30l/m <sup>2</sup>
Optigrün Schrägdach System S	15-45°	10cm	100kg/m <sup>2</sup>	30l/m <sup>2</sup>
Typ F (45°, extensiv)				
Name	Neigung	Aufbauhöhe	Gewicht	Wasserspeichervermögen
Optigrün Schrägdach System N	15-45°	8cm	100kg/m <sup>2</sup>	30l/m <sup>2</sup>
Optigrün Schrägdach System T	15-45°	10cm	120kg/m <sup>2</sup>	30l/m <sup>2</sup>
Optigrün Schrägdach System S	15-45°	10cm	100kg/m <sup>2</sup>	30l/m <sup>2</sup>

Abb.95: Aufstellung Dachsysteme (Quelle: Herstellerhomepage am: 14.3.2023)



Abb.96: Beispielsaufbau: Mattenbegrünung mit Neigung von 0-5°

### Typ G

Einen Spezialfall der Dachbegrünung bilden Begrünungen mit Matten. Dies ist die einfachste Form, da die Matten direkt auf das Dach aufgebracht werden können.

*„Die vorkultivierte Moosmatte mit ihrem niedrigen Gewicht und der geringen Höhe ist für eine schlichte Dachbegrünung ideal. Mit einem kleinen Verlegeaufwand werden die Matten direkt auf das Dach geklebt. Die robusten Moosarten überstehen problemlos längere Trockenheit und werden nach einem kurzen Niederschlag wieder satt grün. Eine Bewässerung ist nicht notwendig.“*<sup>68</sup>

### Aufbau

Die Aufbauten sind von sehr geringer Höhe und kommen im Grunde rein mit der Bepflanzungsmatte und der sowieso notwendigen Dachunterkonstruktion aus:

- Abdichtung
- Be- und Entwässerungsmatte
- Trennschicht, Schutzvlies, Speichervlies
- Moos-Sedum-Matte

Mit 25 bis 40kg sind diese Bepflanzungen auf allen Dachkonstruktionen einsetzbar. Durch die ebenso sehr einfache Anbringung, durch Verklebung auf der bestehenden Dachhaut oder der gleichen, ist sie auch für Montagen auf Kleinstflächen sehr gut geeignet.

### Bepflanzung

Die Vegetation besteht fast ausschließlich aus Moos, zu sehr kleinen Teilen auch aus Sedum Bepflanzungen. Durch die sehr große Oberfläche von Moos ist es in Sachen Schadstoff- und Feinstaubfilterung nahezu unschlagbar gegenüber anderen Begrünungsformen. Moosbegrünungen weisen eine enorm hohe CO<sub>2</sub>-Bindung auf. Mit 2,2kg/m<sup>2</sup> in sonnigen Bereichen ist diese nahezu ident mit jener von aufwendigen Intensivbegrünungen. Ebenso sind diese Begrünungen sehr widerstandsfähig, resistent gegen lange Trockenperioden und auch in Schattenlagen gut einsetzbar.

### Systemaufbauten

Systemaufbauten mit Moosmatten sind am Markt bislang jedoch nur sehr schwer zu finden. Die Firma Nira bietet solche Produkte an. Ein Analyse dieser Möglichkeit ist in der Tabelle unten ersichtlich. Sie sind bei Neigungen bis zu 15° einsetzbar und das Gewicht beträgt maximal 40kg/m<sup>2</sup> im wassergesättigtem Zustand. Die Aufbauhöhe ist sehr gering. Die Matten können lose auf bestehende Dachkonstruktionen aufgebracht, oder auch verklebt werden. Eine Wasserspeicherung ist aufgrund der fehlenden Substratschicht nicht möglich. Wasser welches nicht durch die Bepflanzung aufgenommen werden kann, wird von der Dachhaut abgeleitet.

Typ G (0-15°, Mattenbegrünung)				
Name	Neigung	Aufbauhöhe	Gewicht	Wasserspeichervermögen
Nira Moos-Sedum Matte 30	1-3°	3,2cm	32kg/m <sup>2</sup>	-
Nira Moos-Sedum Dach 40	1-15°	5,5cm	40kg/m <sup>2</sup>	-

Abb.97: Aufstellung Dachsysteme (Quelle: Herstellerhomepage am: 14.3.2023)

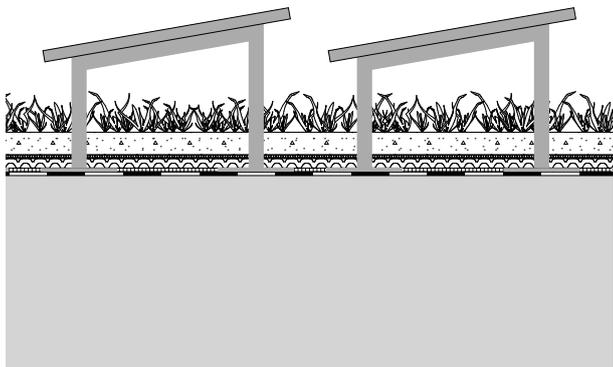


Abb.98, 99: Beispielsaufbau: extensives Solardach mit Neigung von 0-5°; Konstruktion Solardach

**Typ H**

Auch der Typ H ist ein Spezialaufbau. Hierbei handelt es sich um einen Gründachaufbau zur Montage von Solarmodulen. Gründächer haben aufgrund ihrer kühlenden Wirkung einen positiven Effekt auf die Energieproduktion.

**Aufbau**

Im Grunde handelt es sich um Aufbauten für extensive Dachbegrünungen. Oftmals werden Solardächer mit dem Aufbau von Retentionsdächern kombiniert, um den positiven Effekt der Wasserspeicherung und der verstärkten Kühlung als Effekt für die Energieproduktion zu übernehmen..

- Abdichtung
- Trennschicht, Schutzvlies
- Dränschicht mit Wasserspeicherung
- Filtervlies
- Substratschicht
- Vegetation

Die Unterkonstruktion der Solarmodule wird dabei im Regelfall auf der Dachabdichtung aufgebracht. Die Komponenten des Gründachaufbaus werden um die Stützen der Unterkonstruktion geführt und dienen dabei als zusätzliche Auflast.

Zu beachten ist, dass durch die Anbringung der Solarmodule weiterhin Regenwasser in der Substratschicht zur Bewässerung der Begrünung aufgenommen werden muss. Im Sommer wird die Bepflanzung der Gründächer durch die Module beschattet. Dies kann die Pflanzen vor Austrocknung schützen.

**Bepflanzung**

Ein besonderes Augenmerk ist auf die Bepflanzung zu richten. Diese erfolgt mit Sedum, Sprossen oder auch Moose. Anders wie bei der extensiven Begrünung werden Gräser und Kräuter hierbei nicht verwendet. Grund dafür ist die Höhe der Bepflanzung. Zu hohe Bepflanzung würde bis an die Solarmodule oder über diese hinaus reichen und das Modul verschatten. Aus diesem Grund ist nur der Einsatz von niedriger Bepflanzung möglich.

**Systemaufbauten**

Einen Systemaufbau gibt es beispielsweise bei Optigrün. Hier handelt es sich um einen extensiven Aufbau, in welchen die Solarmodule-Unterkonstruktion eingebracht wird. Die Flächenlast beträgt hier, inklusive PV-Modul und Unterkonstruktion, mindestens 110kg/m<sup>2</sup>. Die Aufbauhöhe misst wie beim „Optigrün Spardach“ 8cm, dass Wasserspeichervermögen, mit 25,0l/m<sup>2</sup>, bleibt ident.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar. The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Typ H (Solardach, extensiv)				
Name	Neigung	Aufbauhöhe	Gewicht	Wasserspeichervermögen
Optigrün Solardach Solar FKD	0-5°	8cm	110kg/m <sup>2</sup>	30l/m <sup>2</sup>
Optigrün Solardach Solar WRB	0°	14cm	120kg/m <sup>2</sup>	95,0-105,0l/m <sup>2</sup>

Abb.100: Aufstellung Dachsysteme (Quelle: Herstellerhomepage am: 14.3.2023)



## 3.9

# GRÜNDACH BEPFLANZUNGEN



Abb.101: Beispiel einer extensiven Dachbegrünung

Die Art der Bepflanzung von Gründächern ist nicht nur von der Art des Aufbaues sondern auch von der Schichtdicke des Substrates abhängig. Die Bepflanzungen sind verantwortlich für die Bindung von Schadstoffen, sowie Feinstaub und weitere positive Klimaeffekte. Die Art der Begrünung wird beeinflusst vor allem die Bindung von  $\text{CO}_2$ . Im folgenden werden drei Begrünungsarten näher erläutert, bei diesen handelt es sich um jene Begrünungsarten welche als nachträgliche Dachbegrünungen auf Bestandsgebäude in Frage kommen. Weitere Begrünungsarten wie Sumpfpflanzendächer werden nicht erläutert.

#### Extensive Dachbegrünung

Bei extensiven Dachbegrünungen kommen größtenteils verschiedene Arten von Sedum, Sprossen, Gräser und auch Moose zum Einsatz.

Bei den Bepflanzungen muss vor allem auf die Robustheit geachtet werden, da diese teilweise lange Trockenzeiten und Hitzeperioden überstehen müssen. Zusätzliche Bewässerungen gibt es, außer in der Anwuchsphase, in der Regel keine. Die Pflanzen müssen sehr pflegeleicht sein, da es meist nur zu jährlichen Wartungen und Pflegen am Dach kommt.

Die Höhe der Substratschicht startet in der Regel bei sechs Zentimetern und reicht bis etwa zwölf Zentimeter. Die Bepflanzung selbst muss daher ebenso niedrigwüchsig und bodendeckend sein. Die Wuchshöhe beträgt im Normalfall zwischen zehn und 30cm, in seltenen Fällen bis zu 60cm. Manche Moose und Sedumarten sind auch für halbschattige und schattige Lagen geeignet und können somit für Innenhofbepflanzungen und dergleichen herangezogen werden. Aufgrund des geringen Wartungsaufwandes und des niedrigen Gewichts ist eine extensive Begrünung sehr gut mit Kiesdächern vergleichbar und sehr gut geeignet für schwer zugängliche Dachflächen.



Abb.102: Beispiel einer intensiven Dachbegrünung

### Intensive Dachbegrünung

Bei intensiven Dachbegrünungen ist die Auswahl der Pflanzen nahezu unbeschränkt. Es sind Bepflanzungen wie am gewachsenen Boden, bei sehr hohen Aufbauten möglich, sogar Bäume.

Anders als bei der extensiven Begrünung ist eine Bewässerung der Begrünung möglich, womit die Robustheit der Pflanzen gegen Trockenheit und Hitzeperioden nicht so ausschlaggebend ist. Intensive Dachbegrünungen benötigen jedoch mehrere, jährlich stattfindende Wartungsarbeiten. Nicht nur zum zurechtschneiden der Pflanzen, sondern auch zur Kontrolle der Dachabläufe und Ähnlichem.

Die Mindesthöhe der Substratschicht liegt im Regelfall bei zwölf Zentimeter und ist nach oben hin unbegrenzt. Ab einer Substrathöhe von zirka 50cm ist auch das Pflanzen von kleinen Bäumen möglich. Anders als bei extensiv begrünten Dächern ist auch die Wuchshöhe deutlich höher.

Dachaufbauten mit intensiver Begrünung werden gerne bei Dachparks, Urban Farming oder begehbare Dachterrassen eingesetzt. Gerne werden auch Parkhäuser mit intensiven Begrünungen ausgeführt, da die Lastableitung aus statischer Sicht kaum Probleme darstellt. Die Last des Dachaufbaus und der Bepflanzung stellt allgemein das größte Problem der intensiven Begrünungen dar und schränkt die Möglichkeiten, vor allem im Bestand, erheblich ein.



Abb.103: Beispiel einer Moosbegrünung eines geeigneten Daches

### Moosbegrünung

Bei Moosbegrünungen oder Moos-Sedumbegrünungen handelt es sich zum größten Teil um sehr reduzierte Begrünungen. Sehr oft werden diese nur mit Hilfe von Matten auf die Bestandsdachdeckungen aufgebracht.

Somit ist sowohl eine Bewässerung, als auch eine langfristige Wasserspeicherung aufgrund der fehlenden Substratschicht nicht möglich. Daher fällt die Wahl der Bepflanzungen bei Mattenbegrünungen auf Moose. Diese sind ausgesprochen widerstandsfähig und überstehen auch sehr lange Hitzeperioden ohne Wasser.

Dank der enormen Oberfläche der Moose sind diese vor allem in den Punkten Feinstaub- und Schadstoffbindung sehr wirkungsvoll. Diverse Studien zeigen, dass die CO<sub>2</sub>-Bindung von Moosen nahezu ident mit jener von Intensivbegrünungen mit Rasen, Stauden und kleinen Bäumen ist.

Aufgrund des sehr einfachen Einbaus und der Vorteile der Bepflanzung wäre diese vor allem in Urbanen Gebieten sehr nützlich und wirkungsvoll.

## 4.0

# AUSWAHL ANALYSEGEBIET

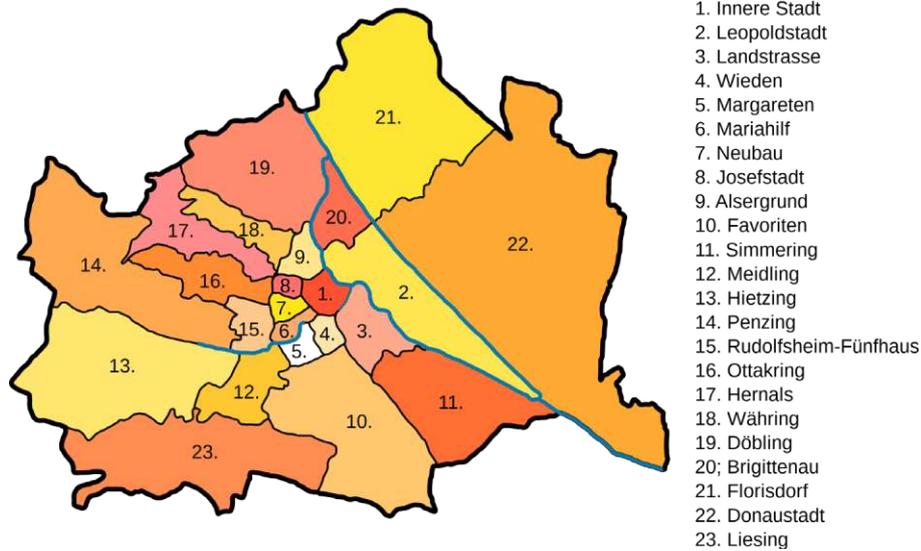


Abb.104: Bezirke der Stadt Wien

Nachdem die vorangegangenen Kapitel die theoretischen Grundlagen der Dachbegrünungen erläutern, wird in den folgenden Abschnitten, anhand eines konkreten Fallbeispiels in Wien, die Auswirkung von Dachbegrünungen auf ein Stadtgebiet untersucht.

Die Auswahl des Analysegebietes erfolgte anhand folgender Kriterien:

- gute Datengrundlage
- dichte Bebauungsstruktur
- hohe Einwohnerdichte und Versiegelung
- starke Hitzebelastung
- Diversität der Dachflächen

Die Entscheidung, dass sich das Untersuchungsgebiet im Stadtraum Wiens befinden soll, rührte einerseits daher, dass auf eine bekannte Datengrundlage zugegriffen werden kann und andererseits daher, dass eine Zusammenarbeit mit Mitarbeitern der Stadt Wien von diversen Magistratsabteilungen möglich war.

Ein weiteres Hauptkriterium war die Lage in einem innerstädtischem Gebiet mit einer möglichst dichten Bebauungsstruktur.

Des Weiteren war ein Auswahlkriterium die Einwohnerdichte und somit auch ein sehr hoher Versiegelungsgrad.

Nicht nur städtebauliche Aspekte haben bei der Auswahl des Untersuchungsgebietes Einfluss genommen, sondern auch das Stadtklima. Durch die, von der Stadt Wien erstellten Klimaanalysekarte, war es möglich die Hitzebelastung in den einzelnen Bezirken zu erkennen. Dieser Punkt wurde daher als Kriterium in der Auswahl berücksichtigt.

Das letzte Anliegen war eine größtmögliche Diversität an Dachflächen im Gebiet, um für die unterschiedlichsten Dachtypen verschiedene Möglichkeiten und Konzepte darstellen zu können. Allerdings sollte ein nur sehr geringer Teil der Gebäude und somit auch der Dachflächen unter Denkmalschutz stehen. Grund dafür ist, dass Dachkonstruktionen unter Denkmalschutz oft die resultierenden Lasten von Dachbegrünungen nicht aufnehmen können und eine Verstärkung aufgrund des Denkmalschutzes nicht möglich ist. Zudem sind Begrünungen auf denkmalgeschützten Gebäude in der Regel gar nicht erst zulässig.

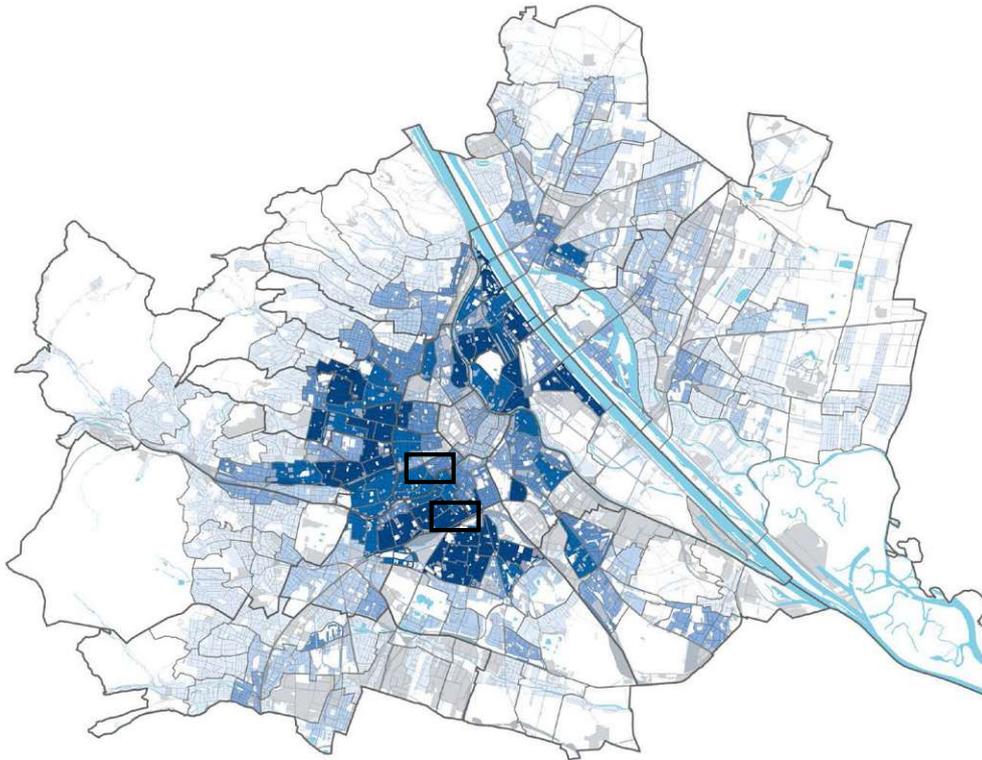


Abb.105: Besiedlungsdichte in den Wiener Zählbezirken

### Besiedlungsdichte der Stadt Wien

Wie bereits erwähnt, wird in Wien alle vier bis sechs Jahre eine kleinräumige Bevölkerungsprognose durchgeführt. Dabei werden unter anderem auch die aktuellen Einwohnerzahlen erfasst. Die aktuellste Erhebung stammt dabei aus dem Jahr 2018. Die Erfassung erfolgt dabei bis in die Ebene der Zählsprenkel, die kleinste Unterteilung der Gebiete in Österreich, welche den bekannten Wahlsprengel ähneln, aber sich nicht komplett mit diesen decken.

Die kleinräumige Bevölkerungsprognose definiert: „... die Besiedlungsdichte, also die Bevölkerungszahl pro km<sup>2</sup> Baulandfläche in den 250 Wiener Zählbezirken am 1.1.2018 ab. Verkehrsflächen und Flächen mit Grünlandnutzung wurden nicht in die Berechnung miteinbezogen.“<sup>10</sup>

„Besiedlungsdichten geben einen guten Überblick über die Siedlungsstruktur, da sie die Bevölkerungszahl, im Gegensatz zur Bevölkerungsdichte, nicht auf die gesamte Fläche eines Areals, sondern nur auf tatsächlich für Besiedelung verfügbaren Flächen beziehen. Würde man statt der Besiedlungsdichte die Bevölkerungsdichte abbilden, dann würden Zählbezirke mit einem hohen Anteil an Flächen, die nicht als Bauland gewidmet sind, sehr niedrige Dichten aufweisen.“<sup>10</sup>

Bei der Analyse zeigte sich, dass die Bezirke mit flächendeckend hoher Einwohnerdichte vor allem innerhalb des Gürtels liegen. In den Bezirken außerhalb des Gürtels liegen die Gebiete mit sehr hoher Einwohnerdichte vor allem in Gürtelnähe. Nach außen hin, in die Grenzregion zu Niederösterreich, nimmt die Einwohnerdichte stark ab. Beim ersten Wiener Gemeindebezirk ist innerhalb des Gürtels eine sehr geringe Einwohnerdichte ersichtlich. Dies liegt allerdings nicht an einer lockereren Bebauung, sondern daran, dass eine sehr hohe Nutzung an Büro- und Geschäftslokalen vorzufinden ist. Somit kommen aufgrund dieses Auswahlkriteriums vor allem Wohngebiet in Frage.

Auffällig ist, wie in Abbildung 102 ersichtlich, dass die Bezirke fünf und sechs flächendeckend eine sehr hohe Besiedlungsdichte aufweisen. Im fünften Bezirk beträgt diese zum größten Teil über 40.000 Einwohner pro Quadratkilometer. Im restlichen Bezirk beträgt sie stets über 32.001 Einwohner pro Quadratkilometer. Im sechsten Bezirk beträgt die Einwohnerdichte im Innenstadt nahen östlichen Teil zwischen 24.001 und 32.000 Einwohner und im Gürtel nahen westlichen Teil zwischen 32.001 und 40.000 Einwohner. Weitere Bezirke weisen ebenfalls sehr hohe Einwohnerdichten auf, zumeist allerdings nicht über die gesamte Bezirksfläche.

Als Analysegebiet würden sich nach dem Kriterium Einwohnerdichte die Bezirke fünf und sechs sehr gut eignen.

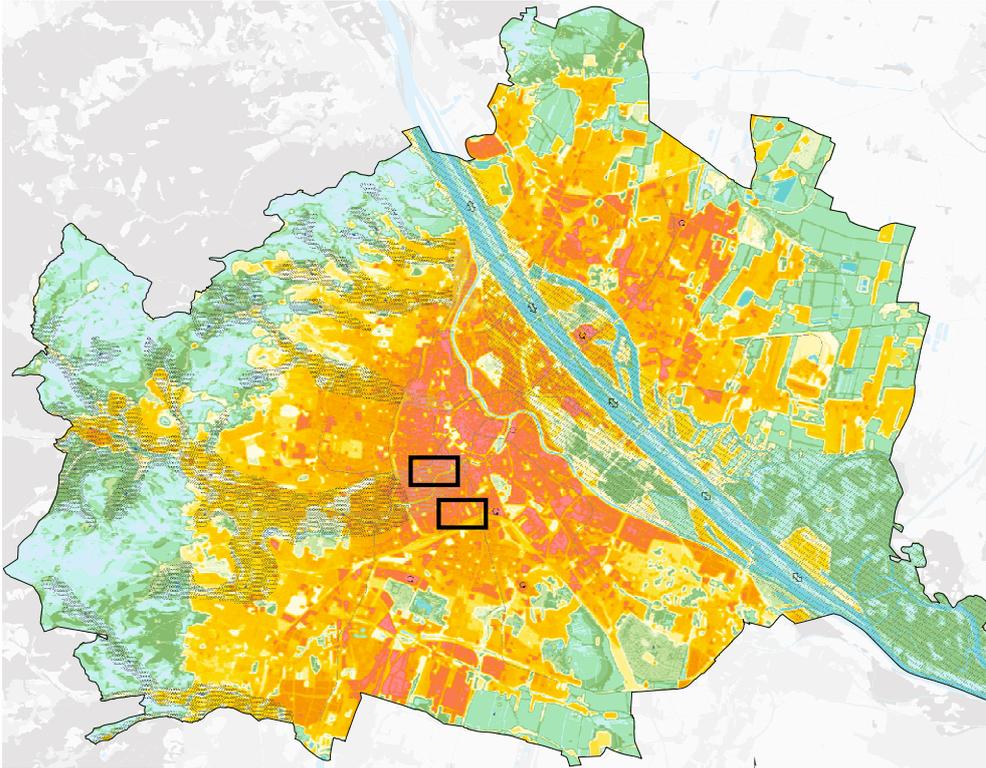


Abb. 106: Klimaanalysekarte, Stadtklimaanalyse Wien 2020

#### Klimaanalysekarte der Stadt Wien

Zur Untersuchung des Kriteriums Hitze wurde als Instrument die Wiener Klimaanalysekarte herangezogen.

„Die Stadtklimaanalyse stellt die Klimasituation der Stadt räumlich dar.“<sup>68</sup>

Als Basis für die Klimaanalysekarte dienen zahlreiche klimatologische Auswertungen. Unter anderem Wind- und Temperaturdaten. Die Daten basieren auf einer Messreihe aus 35 Jahren. Die Analyse gibt Auskunft über Frisch- und Kaltluftbereiche, deren Entstehung und über Windschneisen die für die Belüftung der Stadt sorgen. Ebenso ist die Wichtigkeit von großflächigen Grünräumen und Waldflächen ablesbar. Unter anderem beim Wienerwald im Westen, dem Bisamberg, der Lobau oder auch dem Donauraum. Auch rund um andere große Grünbereichen ist eine deutlich kühlere Temperatur ablesbar.<sup>68</sup>

Ziel der Klimaanalyse-Karte ist es unter anderem der Hitze in der Stadt durch gezielte Planungen entgegenzuwirken. Bei Konzepten oder Planungen von Stadtteilen oder in kleinräumigen Stadtgebieten, ist es durch gezielte Planung möglich, die Hitze zu verringern oder weitere Hitzebildung zu vermeiden. Ebenso ist es möglich Windströmungen zu beachten und für eine Abkühlung durch eine bessere Durchlüftung zu sorgen.<sup>68</sup>

Auch wichtige Begleitmaßnahmen einzelner Projekte sollen durch die Karte leichter erkennbar werden. Beispielsweise notwendige Beschattungen, Planung von Wasserelementen, Schaffung von Grünräumen und Pflanzung von Bäumen.<sup>68</sup>

Beim Vergleich der Klimaanalysekarte und der Karte der Besiedlungsdichte zeigt sich ein sehr großer Zusammenhang. Die Klimaanalysekarte weist in jenen Bereichen mit sehr hoher Besiedlungsdichte ebenso eine sehr hohe Temperaturbeanspruchung auf. Gebiete die einer sehr hohen Temperaturbeanspruchung ausgesetzt sind, allerdings nicht sehr dicht besiedelt, sind vor allem Industrie- und Gewerbegebiete.

Jene Bereiche die in der Klimaanalysekarte die höchsten Temperaturen vorweisen sind einerseits der erste Bezirk. Andererseits sind es wiederum die Bezirke fünf, und vor allem sechs. Diese sind flächendeckend sehr hohen Temperaturen ausgesetzt.

Somit kommen bei der Auswahl des Analysegebietes durch das Kriterium Hitze die selben Gebiete in Frage wie jene beim Kriterium Besiedlungsdichte.

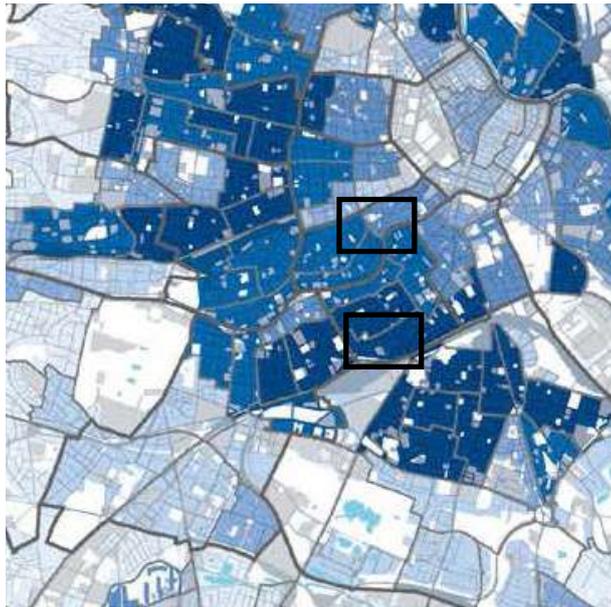


Abb.107,108: Besiedlungsdichte in den Wiener Zählbezirken und Klimaanalysekarte

Diversifikation der Dachflächen

Nach den Kriterien Besiedlungsdichte und Klimaanalyse stehen vor allem zwei Gebiete, im Fünften (Abb. 107) und im Sechsten (Abb.106) Bezirk heraus.

Als letztes Kriterium wurde die Diversifikation der Dachflächen herangezogen. Sowohl bezogen auf die Größe als auch auf die Neigung. Dieses Kriterium wurde herangezogen, um sowohl in der Analyse als auch bei der Konzepterstellung einen sehr großen Anteil der Dachtypen abbilden zu können.

Bei der Analyse der zur Verfügung stehenden Stadtkarten, als auch bei der Analyse diverser dreidimensionaler Kartenmaterialien zeigt sich, dass die Diversifikation im Analysegebiet im sechsten Wiener Gemeindebezirk deutlich höher ist. Hier sind sowohl Dachflächen in unterschiedlichen Größen, als auch mit verschiedenen Neigungen vorhanden. Im fünften Bezirk sind hingegen vor allem kleinteilige Dachflächen vorhanden.

Somit viel die Wahl des Analysegebietes auf jenes in Mariahilf.



Abb.109,110: Luftaufnahmen der möglichen Analysegebiete

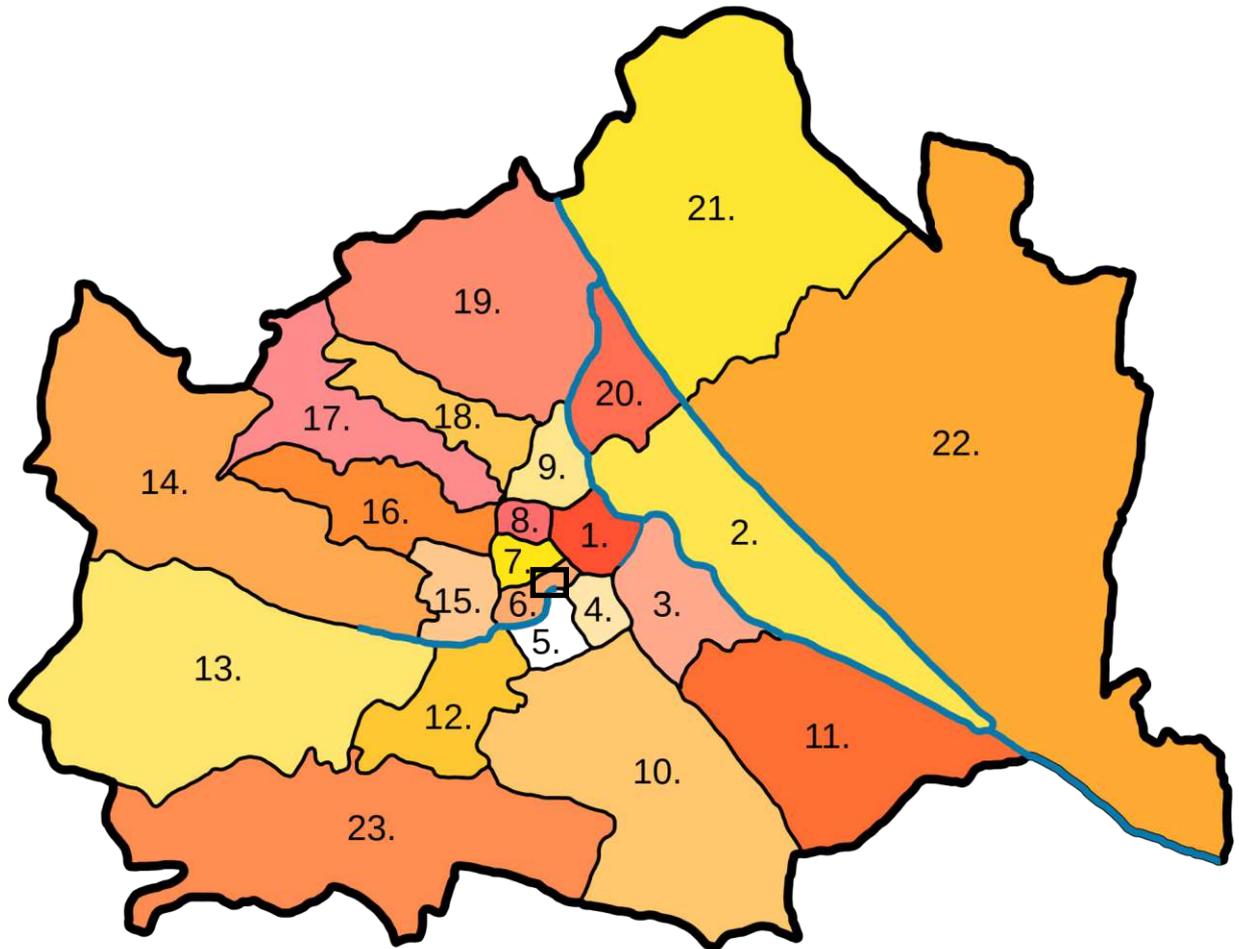


Abb.111: Lage der Analysegebiete

Auswahl des Analysegebietes

Das Untersuchungsgebiet im sechsten Bezirk umfasst zwei Zählbezirke Wiens und liegt westlich und nördlich des Haus des Meeres, einer beliebten Attraktion der Stadt. Es wird begrenzt durch die Mariahilfer Straße, die Gumpendorfer Straße, sowie die Barnabitingasse und Otto-Bauer-Gasse. Die beiden Zählbezirke sind 90 60 1010 und 90 60 1032.

In den beiden Zählsprenkel lebten Anfang 2022 laut Zählungen insgesamt 2183 Einwohner.

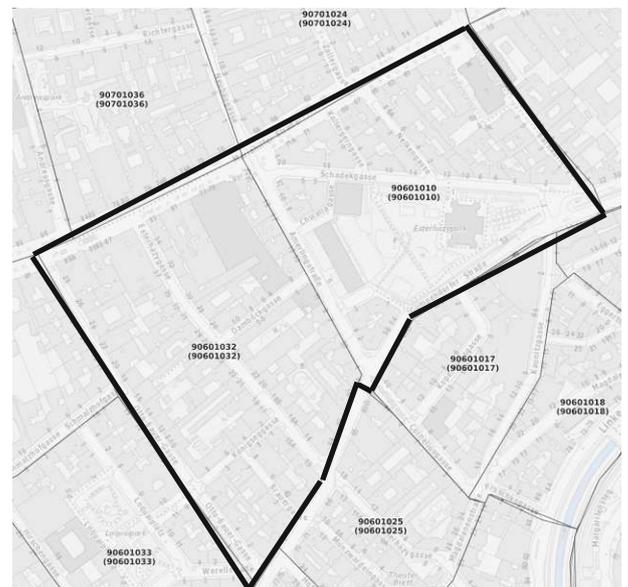


Abb.112: Markierung des Analysegebietes

## 4.1

# UNTERSUCHUNG ANALYSEGEBIET



Abb. 113: Luftaufnahmen des Analysegebietes

Die 2183 Einwohner im Analysegebiet leben auf etwa 124.357,77m<sup>2</sup>. Die Fläche des Analysegebietes wurde im CAD Stadtplan nachkonstruiert, da dazu keine genauen Auflistungen existieren. Rund die Hälfte dieser Fläche, genauer 49,26%, sind bebaut und somit Dachflächen.

Im ausgewählten Untersuchungsgebiet befindet sich das Haus des Meeres. Rund um das Haus des Meeres ist der einzige Park im Untersuchungsgebiet. Dieser dient als größte Aufenthaltsmöglichkeit für die Bewohner der näheren Umgebung, ist allerdings sehr stark durch Besucher des Haus des Meeres frequentiert. Andere Parks oder größere Aufenthaltsmöglichkeiten sind im Untersuchungsgebiet nicht vorhanden. Die Erdgeschosszone ist vor allem durch kleiner Läden geprägt. Die nördliche Grenze, die Mariahilfer Straße, ist eine der größten Einkaufsstraßen Wiens.

Ebenso innerhalb des Untersuchungsgebietes liegt das Amerlinggymnasium. Das Hauptgebäude des Gymnasiums ist die größte durchgehende Dachfläche des Analysegebietes.

Ansonsten ist im Analysegebiet vor allem eine klassische Wiener Gründerzeitbebauung mit Zinshäusern vorzufinden. Wie in vielen Gründerzeitgebieten üblich, ist auch dieses Gebiet mit Schutzzonen, vorgegeben im Flächenwidmungs- und Bebauungsplan, durchzogen. Ebenso finden sich zwei Gebäude unter Denkmalschutz wieder, einerseits die Kirche Mariahilf an der nordöstlichen Ecke, andererseits ein Wohnhaus in der Esterhazygasse. Bestehende Dachbegrünungen gibt es im Analysegebiet nur wenige. Lediglich an zwei Hofgebäuden und einem Bürogebäude ist eine extensive Dachbegrünung vorzufinden.

In den weiteren Schritten werden die Dachflächen genauer untersucht.



Abb.114: Dachneigungen im Analysegebiet (M1:5000)

**Analyse Dachneigungen**

Als erster Schritt wurde das Analysegebiet auf die unterschiedlichen Dachneigungen untersucht. Als Grundlage dazu dienten Luftbilder, der Geodatenviewer der Stadt Wien, sowie das 3D Modell von Google Earth und Vor-Ort Besichtigungen. Die unterschiedlichen Dachflächen wurden kartiert und in den Grundflächen des Geodatenviewer der Stadt Wien eingetragen, wobei grobe Unstimmigkeiten zwischen der Geodatenviewer und der gebauten Realität händisch korrigiert wurden.

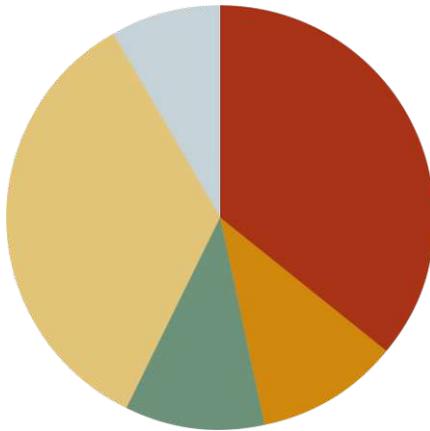
Eingeteilt wurden die Dachflächen in folgende fünf Kategorien:

- 1- 0°
- 2- 0-15°
- 3- 15-30°
- 4- 30-45°
- 5- > 45°

Aus der Analyse geht hervor, dass es sich um Dachflächen, bezogen auf die projizierte Grundfläche, von insgesamt 61.607,64m<sup>2</sup> handelt. Umgerechnet auf die richtige Dachfläche beläuft sich die Gesamtfläche aller Typen von Dachneigungen auf 69.848,40m<sup>2</sup>.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Dachneigung nach Grundfläche:



Dachneigung nach Dachfläche:

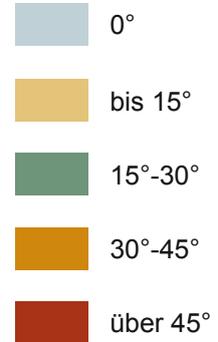
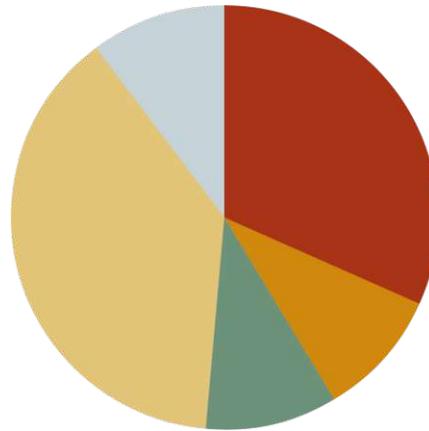


Abb.115,116: Anteil Dachneigung nach Grundfläche und nach Dachfläche

Betrachtet man die Aufteilung der Dachflächen wird ersichtlich, dass der Anteil an Flachdächern im Analysegebiet um einiges größer ist als gedacht. Ausgelegt auf die Grundfläche ist der Anteil an Flachdächer sogar der höchste aller Kategorien im Analysegebiet, mit rund 36 Prozent. Dahinter folgen Schrägdächer mit 30 bis 45° Neigung mit rund 34% der Grundfläche. Ausgewogen ist der Anteil an Schrägdächern von bis zu 15° Neigung und von jenen mit 15 bis 30° Neigung. Beide kommen auf einen Anteil von rund zehn Prozent. Am geringsten ist der Anteil von Dächern mit über 45° Neigung, mit einem Anteil von etwas über acht Prozent.

Bei der Analyse nach Dachflächen ist nicht mehr jener Teil ohne Neigung am stärksten vertreten, sondern jener mit 30 bis 45° Neigung. Ungefähr 38% entfallen auf diese Kategorie. Auf jene ohne Neigung nur noch knapp unter 32%. Ausgeglichen ist der Anteil der restlichen drei Kategorien. Auf Dachflächen mit über 45° Neigung entfallen etwas über zehn Prozent, auf Dachflächen bis 15° Neigung und Dachflächen mit 15 bis 30° Neigung etwas unter zehn Prozent.

Auswertung Dachneigungen:

Dachflächen gesamt					
Dachneigung	Grundfläche m <sup>2</sup>	Faktor	Dachfläche m <sup>2</sup>	Grundfläche in %	Dachfläche in %
0°	22087,83	1	22087,83	36,06	31,82
0-15°	6591,63	1,0086	6648,32	10,76	9,58
15-30°	6498,93	1,0824	7034,44	10,61	10,13
30-45°	21103,25	1,2605	26600,65	34,45	38,32
über 45°	4979	1,4142	7041,30	8,13	10,14
<b>Gesamtfläche</b>	<b>61260,64</b>		<b>69412,54</b>		

Abb.117: Auswertung Dachneigungen im Analysegebiet nach Grundfläche und nach Dachfläche



Abb.118: Gründachbestand im Analysegebiet (M1:5000)

**Analyse Gründächer**

Im nächsten Schritt wurde eine Kartierung der bereits vorhandenen Dachbegrünungen durchgeführt. Zu sehen ist, dass im Gebiet nur sehr vereinzelt Dachbegrünungen ausgeführt wurden. Insgesamt wurden auf drei Grundstücken extensive Dachbegrünungen vorgenommen. Jede dieser Begrünungen erfolgte an Flachdächern ohne Neigung. Der Anteil an begrüneten Dächern an der Gesamten Grundfläche aller Dächer beträgt 4,61%. Dies entspricht 2.825,52m<sup>2</sup> von insgesamt 61.260,64m<sup>2</sup>.

**Auswertung Gründachbestand:**

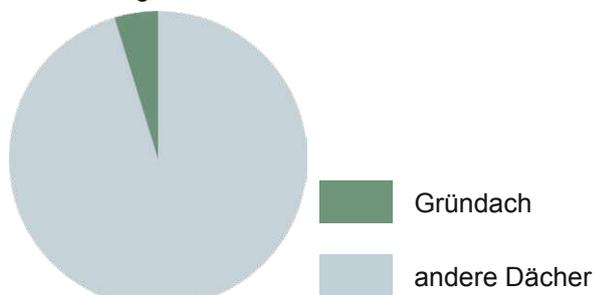


Abb.119: Anteil Gründachbestand im Analysegebiet

Dachflächen gesamt				Grundfläche in %		Dachfläche in %	
Dachneigung	Grundfläche m <sup>2</sup>	Faktor	Dachfläche m <sup>2</sup>				
0°	22087,83	1	22087,83	36,06	31,82		
0-15°	6591,63	1,0086	6648,32	10,76	9,58		
15-30°	6498,93	1,0824	7034,44	10,61	10,13		
30-45°	21103,25	1,2605	26600,65	34,45	38,32		
über 45°	4979	1,4142	7041,30	8,13	10,14		
<b>Gesamtfläche:</b>	<b>61260,64</b>		<b>69412,54</b>				

Abb.120: Auswertung Gründachbestand im Analysegebiet

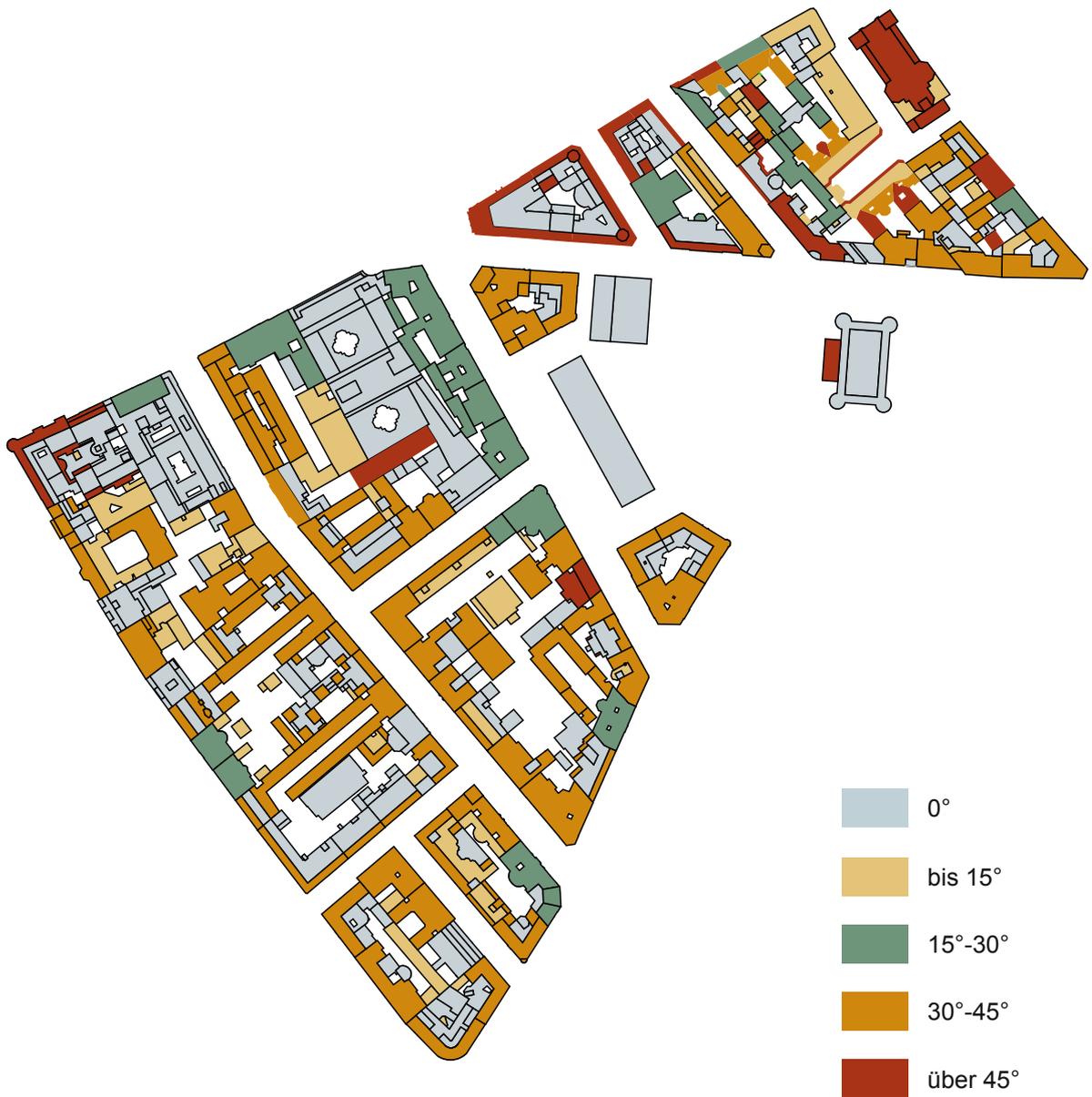


Abb.121: Dachflächenbegrenzungen und Dachneigungen im Analysegebiet (M1:5000)

**Dachflächen**

Eine wesentliche Rolle spielen natürlich auch die Dachgrenzen und die Größen der Dachflächen. Als Dachgrenzen berücksichtigt wurden einerseits Grundstücksgrenzen. Andererseits natürlich Niveausprünge in den Dachflächen.

Nicht als Grenze der Dachfläche angenommen sind beispielsweise Übergänge von Neigungen, bei geringen Unterschieden, welche durchgehend begründet werden können.

Ebenso werden Verschneidungen zweier Dachflächen nicht als Grenze angenommen, da diese ebenfalls durchgehend und ohne Begrenzungen begründet werden können.

**Auswertung Dachflächen nach Anzahl:**

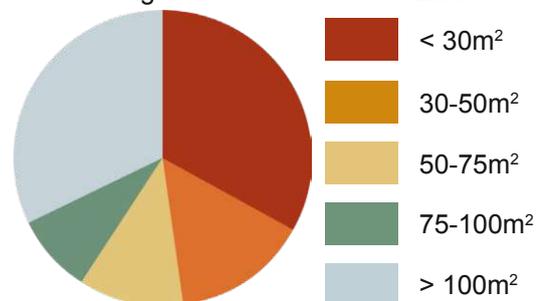


Abb. 122: Anzahl Dachflächen pro Größe im Analysegebiet

Dachflächen Anzahl	Dachflächen Anzahl				
	bis 30m²	30-50m²	50-75m²	75-100m²	über 100m²
0°	110	41	38	22	65
0-15°	32	17	4	8	20
15-30°	2	0	5	3	18
30-45°	35	18	13	15	66
über 45°	13	10	6	2	16
<b>Gesamtfläche</b>	<b>192</b>	<b>86</b>	<b>66</b>	<b>50</b>	<b>185</b>

Abb.123: Anzahl Dachflächen pro Größe im Analysegebiet

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

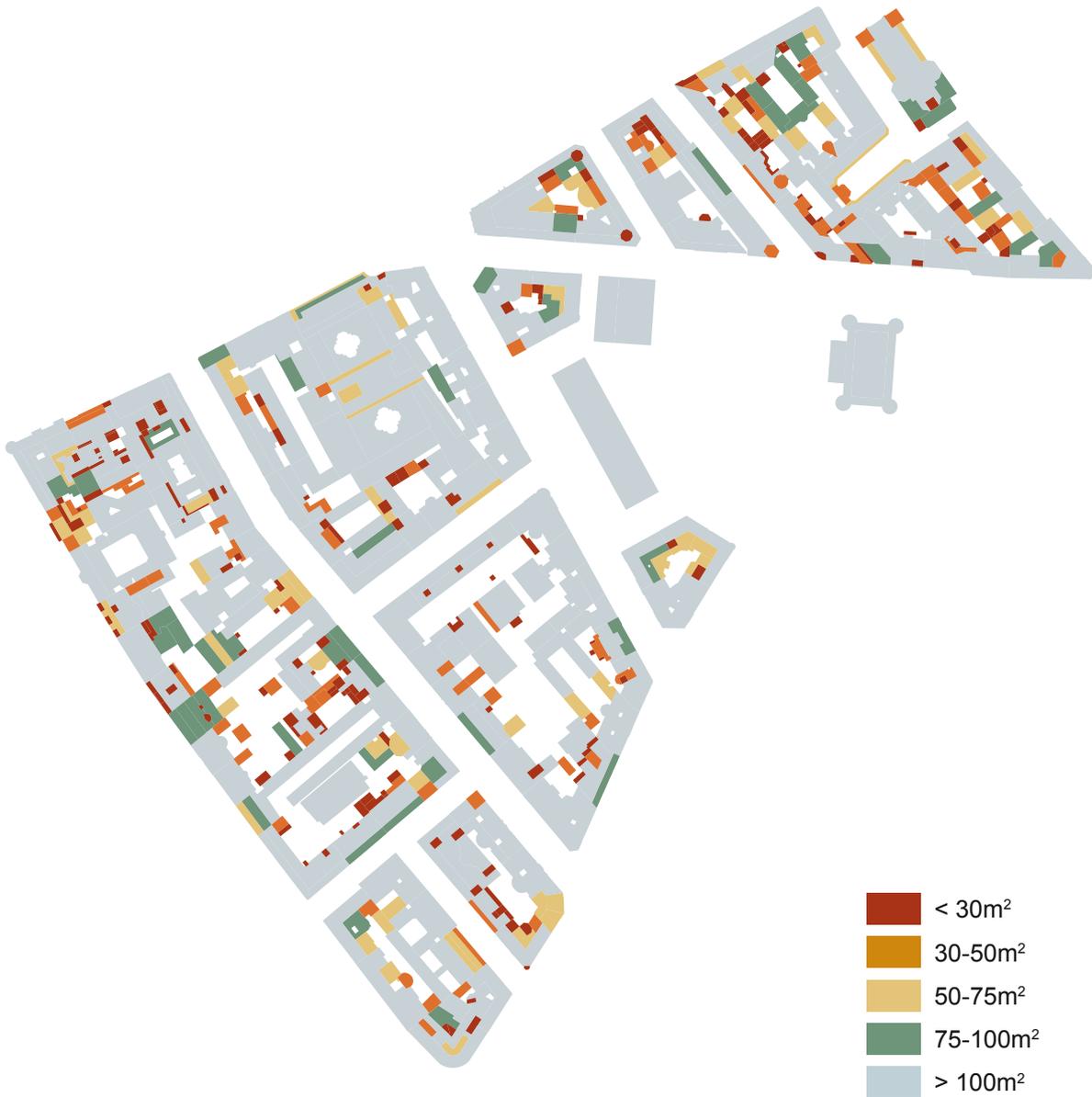


Abb.124: Dachgrößen im Analysegebiet (M1:5000)

**Dachgrößen**

Die Dachgrößen spielen auch in wirtschaftlicher Hinsicht eine wichtige Rolle. Je größer die Dachfläche umso effizienter der Einsatz und umso rentabler auch die Installation und die Instandhaltung der Dachkonstruktion sowie der Begrünung.

Eingeteilt wurden die Dachflächen in diese Größen:

- 1- < 30m<sup>2</sup>
- 2- 30-50m<sup>2</sup>
- 3- 50-75m<sup>2</sup>
- 4- 75-100m<sup>2</sup>
- 5- > 100m<sup>2</sup>

**Auswertung Dachflächen nach Fläche:**

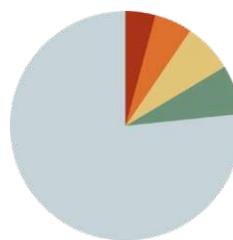


Abb.125: Anzahl Dachflächen pro Größe in m<sup>2</sup> im Analysegebiet

Dachgrößen in m <sup>2</sup>					
	bis 30m <sup>2</sup>	30-50m <sup>2</sup>	50-75m <sup>2</sup>	75-100m <sup>2</sup>	über 100m <sup>2</sup>
0°	1432,94	1602,77	2320,88	1958,79	14863,64
0-15°	362,56	663,99	259,1	686,87	4662,44
15-30°	36,06	0	339,09	267,39	5744,35
30-45°	560,59	671,48	840,9	1257,53	17774,7
über 45°	239,59	405,07	370,92	185,09	3969,93
<b>Gesamtfläche</b>	<b>2631,74</b>	<b>3343,31</b>	<b>4130,89</b>	<b>4355,67</b>	<b>47015,06</b>

Abb.126: Anzahl Dachflächen pro Größe in m<sup>2</sup> im Analysegebiet

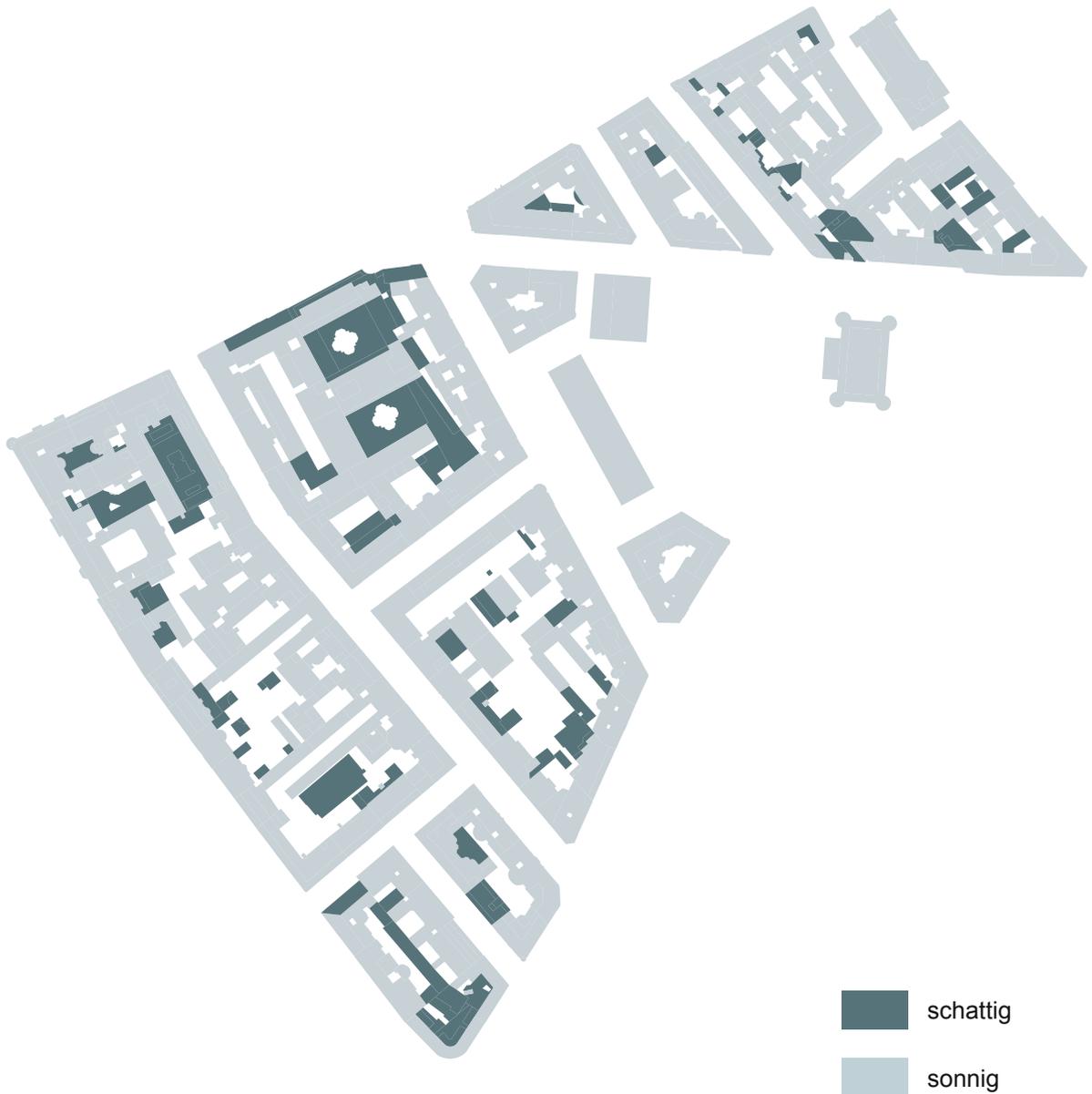


Abb.127: Dachgrößen im Analysegebiet (M1:5000)

**Verschattung**

Ebenfalls relevant für Begrünungen und das Wachstum diverser Bepflanzungen sind die unterschiedlichen Lagen. Der Großteil der Dachflächen liegt durch deren Höhe logischerweise in sonnigen oder zu mindest in teilweise sonnigen Bereichen. Allerdings sind im Analysegebiet auch solche Dachflächen zu finden, welche den gesamten Tag über vollständig verschattet sind. Dies sind vor allem Dachflächen in Innenhofbereichen, welche tiefer liegen als die umgebenden Gebäude.

Bei der Auswertung wurden jene Flächen als verschattete Flächen angenommen welche ganztägig verschattet sind. Dies trifft auf etwa 9580m<sup>2</sup> Dachfläche zu, was in etwa 15% der gesamten Dachflächen des Analysegebietes ausmacht.

**Auswertung Dachflächen nach Fläche:**

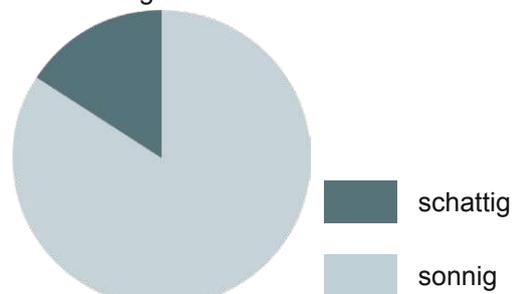


Abb.128: Anzahl Dachflächen pro Größe in m<sup>2</sup> im Analysegebiet

Belichtung		
Lage	Grundfläche m <sup>2</sup>	in %
schattig	9581,90	15,64
sonnig	51678,74	84,36
Gesamt	61260,64	

Abb.129: Anzahl Dachflächen pro Größe in m<sup>2</sup> im Analysegebiet



Abb.130: Dachgrößen im Analysegebiet (M1:5000)

**Denkmalschutz und Schutzzonen**

Ebenfalls relevant für die Errichtung von Dachbegrünungen sind behördliche Einschränkungen, durch den Bebauungsplan oder aufgrund von Denkmalschutz. Steht das Gebäude unter Denkmalschutz ist eine Veränderung der Dachkonstruktion nicht zulässig. Anders ist dies bei Schutzzonen welche durch den Bebauungsplan festgelegt werden. Diese Schutzzonen dienen zum Erhalt des Stadtbildes. Sehr große Teile des Analysegebietes liegen in dieser Schutzzone, wirklich relevant sind allerdings nur jene Bereiche, welche vom öffentlichen Grund aus ersichtlich sind. Somit sind nur Dachflächen betroffen, welche Straßen oder Plätzen zugewandt sind. Bei Flachdächern ist dies zum Beispiel nicht der Fall.

Rund ein Viertel aller Dachflächen sind somit unter Denkmalschutz oder in relevanten Schutzzonen.

**Auswertung Dachflächen nach Fläche:**

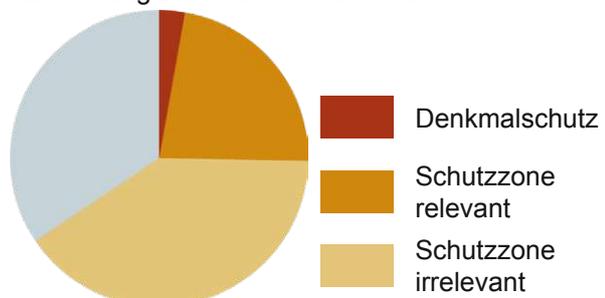


Abb.131: Anzahl Dachflächen pro Größe in m<sup>2</sup> im Analysegebiet

	Dachflächen unter Denkmalschutz/in Schutzzonen		
	Denkmals.	SZ relevant	SZ irrelevant
0°	0	307,31	10769,65
0-15°	152,53	101,17	4049,41
15-30°	0	2205,63	2928,55
30-45°	640,57	8768,25	5878,86
über 45°	1031,03	2418,78	922,42
Gesamtfläche	1824,13	13801,14	24548,89

Abb.132: Anzahl Dachflächen pro Größe in m<sup>2</sup> im Analysegebiet

### Einteilung in Dachkategorien

Die durchgeführten Analysen können als Grundlage für eine Einteilung in Typologien aller Dachflächen vorgenommen werden. Durch diese Einteilung soll die Vielzahl an Dachflächen durch die wichtigsten Kennwerte klassifiziert und vergleichbar gemacht werden.

Zu den bereits näher analysierten Kategorien könnten einige weitere Kategorien zur Typologisierung hinzugefügt werden. Beispielsweise Punkte wie Art der Deckung, Zugänglichkeit der Dachfläche, oder auch die derzeitige Nutzung, zum Beispiel als Dachgarten oder zur Energiegewinnung.

Diese Typologisierung kann auch als Kriterienkatalog für eine Begrünung oder Sanierung der Dachflächen herangezogen werden, um hierfür die beste Möglichkeit herauszufinden.

Im nächsten Schritt wird, aufbauend auf die Analyse, ein Maßnahmenpaket erstellt, welches die einzelnen Schritte der möglichen Dachbegrünungen darstellt.

## 4.2

# GRÜNDACHPOTENTIAL - MASSNAHMENKATALOG

### Gesamtkonzept

Im ersten Schritt wird für das gesamte Analysegebiet ein Gesamtkonzept erstellt. Überprüft wird, welche Dächer sich eignen, als Gründächer ausgeführt oder umgebaut zu werden. Ebenso werden die Vorteile, die sich aus der Umgestaltung ergeben würden, überprüft.

Im Folgenden werden die möglichen Begrünnungsschritte kurz erläutert.

### Bestandsgebäude

Als Grundlage dienen die Grundflächen der Bestandsgebäude. Auch wenn ein Änderung oder Nachverdichtung laut Flächenwidmungs- und Bebauungsplan möglich ist, werden die bestehenden Dachneigungen bei einem Ausbau beibehalten und als Grundlage herangezogen.

### Nachverdichtung

Im ersten Szenario wird ein mögliches Nachverdichtung konzipiert. Anhand des Flächenwidmungs- und Bebauungsplanes wird geprüft, ob eine Aufstockung der Gebäude noch möglich wäre. Bei diesen Aufstockungen wäre die Ausführung eines Gründaches in jedem Fall möglich. Abhängig von der Dachneigung entweder als intensive Dachbegrünung, als auch als extensive Dachbegrünung.

### Leicht adaptierbar

Im nächsten Schritt wird kontrolliert, ob es Dachflächen im Bestand gibt, welche sehr einfach zu Gründächern umgebaut werden können. Beispielsweise können bestehende Kiesdächer ohne Änderungen in der Unterkonstruktion, aufgrund der nahezu identen Lasten, zu extensiven Gründächern umgebaut werden. Auch schlecht ausgeführte Gründächer, welche überarbeitet werden sollten, können in dieser Kategorie berücksichtigt werden.

### *Flachdächer*

Als dritter Schritt wird ein Umbau aller Dachflächen ohne Neigung überprüft. Im Gründachkonzept werden dabei alle Flachdächer zu Gründächern adaptiert und deren Verbesserungen für das Stadtgebiet ermittelt.

### *Dächer mit geringer Neigung*

Gleich wie bei den Flachdächern werden in diesem Schritt alle Dächer mit bis zu 15° Neigung adaptiert. Diese Dächer fallen auch beim Dachbegrünnungspotential der Stadt Wien noch in die Kategorie leicht zu begrünen.

### *Dächer mit Neigung von 15 bis 45 Grad*

Im letzten Schritt werden alle Dächer zwischen 15 und 45° zu Gründächern adaptiert. Alle Dächer mit einer Neigung von über 45° werden in weiterer Folge nicht berücksichtigt. Diese wären nur mit sehr aufwendigen Unterkonstruktionen und Sicherungsmaßnahmen begrünbar und sind zudem nicht in den österreichischen Normen über Gründächer geregelt.

### *Kleine Dachflächen*

Auch für sehr kleine Dachflächen, welche sich aus wirtschaftlicher Sicht weder für eine extensive, noch für eine intensive Dachbegrünung eignen würden, wird versucht einen Lösungsansatz zur Begrünung zu finden. Dies trifft vor allem auf Hofgebäude oder auch Liftüberfahrten zu. Vor allem bei niedrigen Dachflächen wäre auch hier eine Begrünung durchaus sinnvoll.

Die Umgestaltung der Dachflächen kann in unterschiedliche Szenarien eingeteilt werden. Zum geplanten Umbau oder auch bei Stadtgebietenentwicklungen könnten somit die passenden Varianten zur Begrünung der Dachflächen herangezogen werden.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



Abb.133: mögliche Gebäudeaufstockungen laut Flächenwidmungs- und Bebauungsplan, im Analysegebiet

**Maßnahme 1: Nachverdichtung**

Maßnahme 1 ist eine Nachverdichtung des Stadtgebietes. Laut einer Gegenüberstellung zwischen Bestandsbauten und den Vorschriften aus Flächenwidmungs- und Bebauungsplan wird ersichtlich, dass eine Aufstockung der Gebäude in vielen Bereichen möglich ist.

Nach der Auswertung ist ersichtlich, dass rund 20% aller Gebäude noch weiter ausgebaut werden können. Betroffen sind sehr viele Bereiche in Innenhöfe. Diese Innenhofbebauungen sind zu einem großen Teil nur eingeschossig errichtet. Sie könnten im Falle einer für den Zweck der Errichtung ausreichenden Belichtung, ebenfalls aufgestockt werden.

M1 - Potential Aufstockung						
Bezeichnung	Grundfläche		Faktor	Dachfläche		
<i>Dachfläche Gesamt</i>	<i>61622,78 m<sup>2</sup></i>	<i>100 %</i>	-	<i>m<sup>2</sup></i>	<i>100 %</i>	
0°	5223,39 m <sup>2</sup>	8,48 %	1	5223,39 m <sup>2</sup>	%	
bis 15°	2579,72 m <sup>2</sup>	4,19 %	1,0086	2601,91 m <sup>2</sup>	%	
15-30°	1591,46 m <sup>2</sup>	2,58 %	1,0824	1722,60 m <sup>2</sup>	%	
30-45°	2800,97 m <sup>2</sup>	4,55 %	1,2605	3530,62 m <sup>2</sup>	%	
über 45°	25,94 m <sup>2</sup>	0,04 %	1,4142	36,68 m <sup>2</sup>	%	
Gesamtfläche	12221,48 m <sup>2</sup>	19,83 %	-	13115,20 m <sup>2</sup>	%	

Abb.134: Flächen für Gebäudeaufstockungen im Analysegebiet



Abb.135: mögliche Gebäudeaufstockungen, mit Rücksichtnahme auf Schutzzone und Denkmalschutz, im Analysegebiet

**Maßnahme 1: Nachverdichtung unter Berücksichtigung der Schutzzone**

Zu betrachten sind bei dieser Maßnahme allerdings auch jene Bereiche, die von Schutzzone betroffen sind. Da Schutzzone dem Erhalt des Stadtbildes dienen, ist eine sichtbare Begrünung der Dachflächen in diesen Bereichen nicht auf jeden Fall möglich. Es ist daher nicht davon auszugehen das bei diesen Dachflächen eine Begrünung auf jeden Fall möglich ist. Dadurch werden sie in dieser Potentialberechnung nicht berücksichtigt.

Projekte aus der Vergangenheit zeigen allerdings, dass auch in diesen Fällen Begrünungen möglich wären. Eine Abstimmung mit der zuständigen Behörde, der MA19, zuständig für den Schutz des Stadtbildes, ist allerdings erforderlich.

Bei Schutzzone, welche nicht von öffentlichen Bereichen ersichtlich sind, sind Begrünungen hingegen problemlos möglich. Diese werden also auch in der Potentialberechnung berücksichtigt.

Die Berücksichtigung von Schutzzone verringert die begrünbaren Dachflächen um etwa 15%. Dies entspricht 1922,17m<sup>2</sup>.

M1-Potential Aufstockung		
GF Aufstockung möglich	d. Schutzzone nicht möglich	GF Aufstockung nicht möglich
10665,62 m <sup>2</sup>	1555,86 m <sup>2</sup>	49401,3 m <sup>2</sup>
17,31 %	2,52 %	80,17 %

Abb.136: entstandene Flächenänderungen durch Schutzzone



Abb.137: mögliche Gebäudeaufstockungen mit Analyse der Dachneigungen, im Analysegebiet

**Maßnahme 1: Nachverdichtung**

Bei Miteinbezug der Schutzzonen verbleiben 17,31% der Grundflächen oder 16,02% aller Dachflächen im Analysegebiet, welche durch die Maßnahme 1 im Zuge einer Nachverdichtung begrünt werden können. Insgesamt handelt es sich um 11.193,03m<sup>2</sup>.

Die Analyse der Dachneigung hat ergeben, dass es sich zum größten Teil der auszubauenden Flächen um Flachdächer handelt, zwar 8,48% der gesamten Grundfläche im Analysegebiet. Auf 4,19% kommen Dächer mit 15° Neigung, Dächer mit 15-30° be laufen sich auf 2,19% und Dächer mit 30-45° auf 2,45%. Dachflächen mit einer Neigung von über 45° sind nicht betroffen.

M1 - Potential Aufstockung (Schutzzonen berücksichtigt)						
Bezeichnung	Grundfläche		Faktor	Dachfläche		
	m <sup>2</sup>	%		m <sup>2</sup>	%	
<i>Dachfläche Gesamt</i>	61622,78 m <sup>2</sup>	100 %	-		100 %	
0°	5223,39 m <sup>2</sup>	8,48 %	1	5223,39 m <sup>2</sup>	%	
bis 15°	2579,72 m <sup>2</sup>	4,19 %	1,0086	2601,91 m <sup>2</sup>	%	
15-30°	1350,15 m <sup>2</sup>	2,19 %	1,0824	1461,40 m <sup>2</sup>	%	
30-45°	1512,36 m <sup>2</sup>	2,45 %	1,2605	1906,33 m <sup>2</sup>	%	
über 45°	0 m <sup>2</sup>	0,00 %	1,4142	0,00 m <sup>2</sup>	%	
Gesamtfläche	10665,62 m <sup>2</sup>	17,31 %	-	11193,03 m <sup>2</sup>	%	

Abb.138: Auswertung von Dächern möglicher Gebäudeaufstockungen im Analysegebiet

**Maßnahme 1: Nachverdichtung**

Aufgrund der neu zu errichtenden Dachkonstruktion die bei Aufstockungen der Gebäude notwendig sind, ergeben sich mehrere Varianten für die Errichtung eines Gründaches.

Bei der Berechnung der Potentiale wird, der Nachvollziehbarkeit halber, davon ausgegangen, dass sich sowohl die Neigung als auch die Dachflächen trotz einer Aufstockung nicht verändern. Somit können die Ergebnisse der Analyse aus Abbildung 135 übernommen werden und dienen als Grundlage der Berechnungen.

**Variante 1**

**Begrünungen**

Variante 1 ist eine klassische extensive Dachbegrünung, welche auch als Mindestmaßnahme durch den Flächenwidmungs- und Bebauungsplan in Neubaugebieten gefordert wird. Diese ist sowohl bei Flachdächern, Dachtyp A, bei Dächern mit geringer Neigung bis 15°, Dachtyp D, als auch bei Schrägdächern mit 15 bis 30°, oder 30 bis 45° (Dachtyp E und F) einsetzbar.

**Potential**

Bei der Berechnung der Wasserspeicherkapazität besteht ein enormes Potential. Bereits bei einer Begrünung ausschließlich mit Aufbauten für extensive Dachbegrünungen und daher einer verhältnismäßig geringen Wasserspeicherung zeigt sich eine erstaunliche Summe. Alleine das Potential der Dachflächen bei Flachdächern beträgt 187.937,57 Liter. Fasst man alle potenziell begrünbaren Dachflächen zusammen, ergibt sich ein Potenzial von 394.080,44 Liter. Als Potential pro Quadratmeter wurde der Mittelwert der vorgestellten Gründachsysteme herangezogen.

Betrachtet man das Potential der CO<sub>2</sub>-Bindung, welches bei extensiven Begrünungen erheblich niedriger ist als bei intensiven Begrünungen oder Begrünungen mit Moosen ergibt sich über die gesamte Fläche ein Potenzial von 3.503,42 Kilogramm.

**Variante 2**

Aufgrund der Notwendigkeit einer neuen Dachkonstruktion für die Aufstockung ist auch eine höhere Lastaufnahme, welche durch einen schweren Gründachaufbau entsteht, kein Problem. Somit ist auch eine Installation von Retentionsdächern, Dachtyp C und einer intensiven Begrünung, Dachtyp B, möglich.

**Begrünungen**

In Variante 2 wird anstelle des herkömmlichen Aufbaus für extensive Begrünungen bei allen Dachflächen ohne Neigung ein Aufbau eines Retentionsdaches herangezogen. Alle geeigneten Dächer sind wie in Variante 1 mit extensiven Begrünungen ausgeführt.

**Potential**

Vergleicht man die Potentiale zwischen Variante 1 und 2 ist die enorme Wasseraufnahme bei Retentionsdächern ersichtlich. Die Durchschnittswerte der beiden Dachtypen bezogen auf die Wasseraufnahme unterscheiden sich bei Berechnungen pro Quadratmeter um 44,84 Liter. Das extensive Gründach kann gemittelt 35,98l/m<sup>2</sup> aufnehmen, das Retentionsdach 80,82l/m<sup>2</sup>. In Summe beläuft sich das Wasseraufnahme Potential bei Variante 2 auf 628.297,25 Liter, was eine Erhöhung von 234.216,81 Liter darstellt.

Keinen Unterschied gibt es hingegen bei der CO<sub>2</sub>-Bindung. Da auch bei Dachtyp C eine extensive Begrünung der Regelfall ist, ergeben sich wenn überhaupt Vorteile durch eine bessere Bewässerung.

M1 - Potential Aufstockung - Variante 1				
Begrünung Dachtyp	Wasserrückhalt		CO <sup>2</sup> -Bindung	
	l/m <sup>2</sup>	Gesamt l	kg/m <sup>2</sup>	Gesamt kg
Typ A	35,98 l/m <sup>2</sup>	187937,57 l	0,313 kg/m <sup>2</sup>	1634,92 kg
Typ D	37,14 l/m <sup>2</sup>	96634,77 l	0,313 kg/m <sup>2</sup>	814,40 kg
Typ E	35,8 l/m <sup>2</sup>	52318,20 l	0,313 kg/m <sup>2</sup>	457,42 kg
Typ F	30 l/m <sup>2</sup>	57189,89 l	0,313 kg/m <sup>2</sup>	596,68 kg
keine Begr.	-	-	-	-
Gesamt	34,73 l/m <sup>2</sup>	394080,44 l	0,313 kg/m <sup>2</sup>	3503,42 kg

Abb.139: Potentiale mögliche Gebäudeaufstockungen im Analysegebiet, Variante 1

M1 - Potential Aufstockung - Variante 2				
Begrünung Dachtyp	Wasserrückhalt		CO <sup>2</sup> -Bindung	
	l/m <sup>2</sup>	Gesamt l	kg/m <sup>2</sup>	Gesamt kg
Typ C	80,82 l/m <sup>2</sup>	422154,3798 l	kg/m <sup>2</sup>	0
Typ D	37,14 l/m <sup>2</sup>	96634,77 l	0,313 kg/m <sup>2</sup>	814,40 kg
Typ E	35,8 l/m <sup>2</sup>	52318,20 l	0,313 kg/m <sup>2</sup>	457,42 kg
Typ F	30 l/m <sup>2</sup>	57189,89 l	0,313 kg/m <sup>2</sup>	596,68 kg
keine Begr.	-	-	-	-
Gesamt	45,94 l/m <sup>2</sup>	628297,25 l	0,23475 kg/m <sup>2</sup>	1868,50 kg

Abb.140: Potentiale mögliche Gebäudeaufstockungen im Analysegebiet, Variante 2

**Variante 3**

In Variante 3 kommt das bereits zuvor erwähnte intensiv begrünte Dach als Flachdach zum Einsatz. Anders als bei den extensiven Begrünungen und Retentionsdächern ist hier auch ein großes Potential an CO<sub>2</sub>-Bindung ersichtlich. Ebenso bei der Bindung anderer Schadstoffe. Aufgrund des hohen Aufbaues ist der Wasserrückhalt bei intensiven Gründächern sogar höher als bei Retentionsdächern, allerdings auch erheblich schwerer und kann somit nur bei neuen Dachkonstruktionen ausgeführt werden.

**Begrünungen**

Bei Dächern ohne Neigung kommt bei Variante 3 also Dachtyp B, jenes mit intensiver Begrünung zum Einsatz. Bei allen Dächern mit Neigungen sind wiederum extensive Begrünungen vorgesehen.

**Potential**

Im Vergleich zum Retentionsdach ergibt sich ein weiteres Plus bei der Wasserspeicherkapazität. In Summe liegt das Potential bei 952.356,35 Liter. Dies entspricht einer zusätzlich möglichen Wasserspeicherung, im Vergleich zu Variante 2, von über 50%.

Im Gegensatz zu Variante 1 und Variante 2 ist auch die CO<sub>2</sub>-Bindung erstmals von Relevanz. Diese beträgt insgesamt 14.404,63 Kilogramm. Ausschlaggebend dafür ist die intensive Begrünung, welche das fast Achtfache Potential an CO<sub>2</sub>-Bindung im Vergleich mit der einer extensiven Begrünung aufweist. Das Plus zu Variante 1 und Variante 2 liegt bei 411%.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

M1 - Potential Aufstockung - Variante 3				
Begrünung Dachtyp	Wasserrückhalt		CO <sub>2</sub> -Bindung	
	l/m <sup>2</sup>	Gesamt l	kg/m <sup>2</sup>	Gesamt kg
Typ B	142,86 l/m <sup>2</sup>	746213,4954 l	2,4 kg/m <sup>2</sup>	12536,14 kg
Typ D	37,14 l/m <sup>2</sup>	96634,77 l	0,313 kg/m <sup>2</sup>	814,40 kg
Typ E	35,8 l/m <sup>2</sup>	52318,20 l	0,313 kg/m <sup>2</sup>	457,42 kg
Typ F	30 l/m <sup>2</sup>	57189,89 l	0,313 kg/m <sup>2</sup>	596,68 kg
keine Begr.	-	-	-	-
<b>Gesamt</b>	<b>61,45 l/m<sup>2</sup></b>	<b>952356,37 l</b>	<b>0,83475 kg/m<sup>2</sup></b>	<b>14404,63 kg</b>

Abb.141: Potentiale mögliche Gebäudeaufstockungen im Analysegebiet, Variante 3





Abb.142: mögliche Begrünung von leicht begrünbaren Dächern, im Analysegebiet

**Maßnahme 2: leicht begrünbare Dächer**

Maßnahme 2 zielt auf jene Dachflächen ab, welche im Bestand bereits mit Kiesdeckung versehen sind. Ebenso auf Bestandsgründächer welche augenscheinlich erneuert werden sollten, da beispielsweise die Begrünung nicht mehr intakt ist. Bei dieser Maßnahme können extensive Dachaufbauten, ohne weitere Eingriffe in die Gebäudesubstanz, ergänzt werden.

**Potential**

Insgesamt handelt es sich hierbei um Dachflächen von 4.863,69m<sup>2</sup>. Dies entspricht 7,89% der Grundfläche und 6,96% der Dachflächen im Analysegebiet. Aufgrund des gewählten Dachtyps ergibt sich ein möglicher Wasserrückhalt von 174.995,57 Liter und eine mögliche CO<sub>2</sub>-Bindung von 1.522,33 Kilogramm. Ein Einsatz von Retentionsdächern wäre hier, mit größerem Aufwand, ebenso möglich.

M2 - Potential leicht begrünbare Dächer					
Bezeichnung	Grundfläche		Faktor	Dachfläche	
Dachfläche Gesamt	61622,78 m <sup>2</sup>	100 %	-	m <sup>2</sup>	100 %
0°	4863,69 m <sup>2</sup>	7,89 %	1	4863,69 m <sup>2</sup>	%
Gesamtfläche	4863,69 m <sup>2</sup>	7,89 %	1	4863,69 m <sup>2</sup>	%

Abb.143: Auswertung Dachflächen von leicht begrünbare Dächern im Analysegebiet

M2 - Potential leicht begrünbare Dächer						
Begrünung	Wasserrückhalt			CO <sub>2</sub> -Bindung		
Dachtyp	l/m <sup>2</sup>	Gesamt	l	kg/m <sup>2</sup>	Gesamt	kg
Typ A	35,98 l/m <sup>2</sup>	174995,57 l		0,313 kg/m <sup>2</sup>	1522,33 kg	
Gesamt	35,98 l/m <sup>2</sup>	174995,57 l		0,313 kg/m <sup>2</sup>	1522,33 kg	

Abb.144: Potentiale leicht begrünbare Dächer im Analysegebiet



Abb.145: mögliche Begrünungen von Dachflächen ohne Neigung, im Analysegebiet

**Maßnahme 3: Flachdächer**

Im dritten Schritt wird eine Begrünung aller Flachdächer vorgeschlagen. Wie in Maßnahme 2 wird auch hier eine extensive Dachbegrünung mit Dachtyp A angewendet, um die Eingriffe in die bestehende Dachkonstruktion so gering wie möglich zu halten. Retentionsdächer wären jedoch ebenfalls möglich.

**Potential**

Bei den Flachdächern handelt es sich um 13,82% aller Dachflächen. Nicht miteinbezogen wurden jene Dachflächen unter 30m<sup>2</sup>, da hier der Aufwand nicht verhältnismäßig ist. Ebenso jene Dachflächen die schwer begrünbar sind, zum Beispiel aufgrund vieler Haustechnik Auf- und Einbauten.

M3 - Potential Flachdächer				
Bezeichnung	Grundfläche		Faktor	Dachfläche
Dachfläche Gesamt	61622,78 m <sup>2</sup>	100 %	-	m <sup>2</sup> 100 %
0°	9655,26 m <sup>2</sup>	15,67 %	1	9655,26 m <sup>2</sup> %
Gesamtfläche	9655,26 m <sup>2</sup>	15,67 %	1	9655,26 m <sup>2</sup> %
Flächen unter 30m <sup>2</sup>	1265,52 m <sup>2</sup>	2,05 %	1	1265,52 m <sup>2</sup> %
schwer begrünbar	1317,27 m <sup>2</sup>	2,14 %	1	2815,84221 m <sup>2</sup> %

Abb.146: Auswertung der Dachflächen von Flachdächern im Analysegebiet

M3 - Potential Flachdächer				
Begrünung	Wasserrückhalt		CO <sup>2</sup> -Bindung	
	l/m <sup>2</sup>	Gesamt l	kg/m <sup>2</sup>	Gesamt kg
Typ A	35,98 l/m <sup>2</sup>	347396,25 l	0,313 kg/m <sup>2</sup>	3022,10 kg
Gesamt	35,98 l/m <sup>2</sup>	347396,25 l	0,313 kg/m <sup>2</sup>	3022,10 kg

Abb.147: Potentiale Flachdächer im Analysegebiet



Abb.148: mögliche Begrünungen von Dachflächen mit einer Neigung von bis zu 15°, im Analysegebiet

**Maßnahme 4: leicht geneigte Dächer bis 15°**

Im nächsten Begrünungsschritt kommen alle leicht geneigten Dächer bis 15° Neigung an die Reihe. Auch auf diesen Dächer ist ein Ausbau mit extensiver Dachbegrünung möglich.

**Potential**

Insgesamt handelt es sich um Dachflächen von 3.501,13m<sup>2</sup>. Diese bieten einen Wasserrückhalt von 130.032,08 Liter und eine CO<sub>2</sub>-Bindung von 1.095,85 Kilogramm.

M4 - Potential leicht geneigte Dächer bis 15°					
Bezeichnung	Grundfläche		Faktor	Dachfläche	
Dachfläche Gesamt	61622,78 m <sup>2</sup>	100 %	-	m <sup>2</sup>	100 %
bis 15°	3471,28 m <sup>2</sup>	5,63 %	1,0086	3501,13 m <sup>2</sup>	%
Gesamtfläche	3471,28 m <sup>2</sup>	5,63 %	1,0086	3501,13 m <sup>2</sup>	%
unter DMS/ in SZ	38,07 m <sup>2</sup>	0,06 %	1,0086	38,40 m <sup>2</sup>	%
Flächen unter 30m <sup>2</sup>	393,44 m <sup>2</sup>	0,64 %	1,0086	396,82 m <sup>2</sup>	%
schwer begrünbar	134 m <sup>2</sup>	0,22 %	1,0086	29,14 m <sup>2</sup>	%

Abb.149: Auswertung der Dachflächen von leicht geneigten Dächer im Analysegebiet

M4 - Potential leicht geneigte Dächer				
Begrünung	Wasserrückhalt		CO <sub>2</sub> -Bindung	
	l/m <sup>2</sup>	Gesamt l	kg/m <sup>2</sup>	Gesamt kg
Typ D	37,14 l/m <sup>2</sup>	130032,08 l	0,313 kg/m <sup>2</sup>	1095,85 kg
Gesamt	37,14 l/m <sup>2</sup>	130032,08 l	0,313 kg/m <sup>2</sup>	1095,85 kg

Abb.150: Potentiale leicht geneigter Dächer im Analysegebiet



Abb.151: mögliche Begrünungen von Dachflächen mit einer Neigung von 15-30°, im Analysegebiet

**Maßnahme 5: Schrägdächer, Neigung 15-30°**

Eine weitere Maßnahme ist die Begrünung von Dächern mit einer Neigung von 15-30°, diese erfolgt analog zu Dächern mit Neigung bis 15°, durch extensive Begrünung.

**Potential**

Der Anteil dieser Dachflächen ist etwas geringer als in Maßnahme 4. Der mögliche Wasserrückhalt liegt bei 107.927,058 Liter und die mögliche CO<sub>2</sub>-Bindung bei 943,61 Kilogramm.

M5 - Potential Schrägdächer 15-30°					
Bezeichnung	Grundfläche		Faktor	Dachfläche	
Dachfläche Gesamt	61622,78 m <sup>2</sup>	100 %	-	m <sup>2</sup>	100 %
15-30°	2785,22 m <sup>2</sup>	4,52 %	1,0824	3014,72 m <sup>2</sup>	%
Gesamtfläche	2785,22 m <sup>2</sup>	4,52 %	1,0824	3014,72 m <sup>2</sup>	%
unter DMS/ in SZ	1964,46 m <sup>2</sup>	3,19 %	1,0824	2126,33 m <sup>2</sup>	%
Flächen unter 30m <sup>2</sup>	45,88 m <sup>2</sup>	0,07 %	1,0824	49,66 m <sup>2</sup>	%
schwer begrünbar	0 m <sup>2</sup>	0,00 %	1,0824	0,00 m <sup>2</sup>	%

Abb.152: Auswertung der Schrägdächer mit 15-30° Neigung im Analysegebiet

M5 - Potential Schrägdächer 15-30°					
Begrünung	Wasserrückhalt			CO <sub>2</sub> -Bindung	
	Dachtyp	l/m <sup>2</sup>	Gesamt l	kg/m <sup>2</sup>	Gesamt kg
Typ E	35,8 l/m <sup>2</sup>		107927,05 l	0,313 kg/m <sup>2</sup>	943,61 kg
Gesamt	35,8 l/m <sup>2</sup>		107927,05 l	0,313 kg/m <sup>2</sup>	943,61 kg

Abb.153: Potentiale der Schrägdächer mit 15-30° Neigung im Analysegebiet



Abb.154: mögliche Begrünungen von Dachflächen mit einer Neigung von 30-45°, im Analysegebiet

**Maßnahme 6: Schrägdächer, Neigung 30-45°**

Ident zu den anderen Schrägdächern ist auch hier der einzig möglich Aufbau jener mit extensiver Begrünung. Unterschiede je nach Neigung ergeben sich lediglich beim Wasserrückhalt. Diese nimmt mit höherer Neigung ab.

**Potential**

Der Anteil an Dachflächen für Maßnahme 6 ist bedeutend höher als bei allen anderen Schrägdachkategorien. Dieser liegt bei 14,12%. Das Potential des Wasserrückhalt liegt bei 295.827 Liter, jenes der CO<sub>2</sub>-Bindung bei 3.086,47 Kilogramm.

M6 - Potential Schrägdächer 30-45°					
Bezeichnung	Grundfläche		Faktor	Dachfläche	
Dachfläche Gesamt	61622,78 m <sup>2</sup>	100 %	-	m <sup>2</sup>	100 %
30-45°	7823,03 m <sup>2</sup>	12,70 %	1,2605	9860,93 m <sup>2</sup>	%
Gesamtfläche	7823,03 m <sup>2</sup>	12,70 %	1,2605	9860,93 m <sup>2</sup>	%
unter DMS/ in SZ	8278,07 m <sup>2</sup>	13,43 %	1,2605	10434,51 m <sup>2</sup>	%
Flächen unter 30m <sup>2</sup>	462,41 m <sup>2</sup>	0,75 %	1,2605	582,87 m <sup>2</sup>	%
schwer begrünbar	1672,88 m <sup>2</sup>	2,71 %	1,2605	4541,38 m <sup>2</sup>	%

Abb.155: Auswertung der Schrägdächer mit 30-45° Neigung im Analysegebiet

M6 - Potential Schrägdächer 30-45°					
Begrünung	Wasserrückhalt			CO <sub>2</sub> -Bindung	
	Dachtyp	l/m <sup>2</sup>	Gesamt l	kg/m <sup>2</sup>	Gesamt kg
Typ F	30 l/m <sup>2</sup>		295827,88 l	0,313 kg/m <sup>2</sup>	3086,47 kg
Gesamt	30 l/m <sup>2</sup>		295827,88 l	0,313 kg/m <sup>2</sup>	3086,47 kg

Abb.156: Potentiale der Schrägdächer mit 30-45° Neigung im Analysegebiet



Abb.157: mögliche Begrünung von Kleinflächen bis zu 30m<sup>2</sup> im Analysegebiet

**Maßnahme 7: Kleinflächen bis zu 30m<sup>2</sup>**

Die letzte Maßnahme ist jene der Kleinflächen. Diese wurden aufgrund des unverhältnismäßigen Aufwandes bei den anderen Maßnahmen nicht berücksichtigt und werden in Maßnahme 7 mit Moosmatten begrünt, welche auf jede Dachdeckung sehr einfach aufgeklebt werden.

**Potential**

Aufgrund der fehlenden Substratschicht entfällt bei dieser Begrünung auch der Vorteil des Wasserrückhaltes. In Sachen CO<sub>2</sub>-Bindung ist eine Moosbegrünung allerdings äußerst wirkungsvoll. Bei 2,38% der Dachflächen kommt es zu einer CO<sub>2</sub>-Bindung von 3.657,16 Kilogramm.

M7 - Potential Kleinflächen					
Bezeichnung	Grundfläche		Faktor	Dachfläche	
Dachfläche Gesamt	61622,78 m <sup>2</sup>	100 %	-	m <sup>2</sup>	100 %
0°	1265,52 m <sup>2</sup>	2,05 %	1	1265,52 m <sup>2</sup>	%
bis 15°	393,44 m <sup>2</sup>	0,64 %	1,0086	396,82 m <sup>2</sup>	%
Gesamtfläche	1658,96 m <sup>2</sup>	2,69 %	-	1662,34 m <sup>2</sup>	%

Abb.158: Auswertung der Kleinflächen mit maximal 30m<sup>2</sup> im Analysegebiet

M7 - Potential Kleinflächen					
Begrünung	Wasserrückhalt			CO <sub>2</sub> -Bindung	
	Dachtyp	l/m <sup>2</sup>	Gesamt l	kg/m <sup>2</sup>	Gesamt kg
Typ G	-	l/m <sup>2</sup>	- l	2,2 kg/m <sup>2</sup>	2784,14 kg
Typ G	-	l/m <sup>2</sup>	- l	2,2 kg/m <sup>2</sup>	873,01 kg

Abb.159: Potentiale der Kleinflächen mit maximal 30m<sup>2</sup> im Analysegebiet



Ausbau möglich  
 Ausbau nicht möglich

Abb.160: Dachflächen im Analysegebiet, welche nicht zur Begrünung geeignet sind

**Übersicht Ausbauplan**

In der Abbildung oben ist ersichtlich bei welchen Dachflächen ein Ausbau aus technischer Sicht möglich ist und bei welchen Dachflächen nicht. Bei Dachflächen, welche nicht begrünbar sind handelt es sich um jene, welche eine Neigung von über 45° aufweisen, in Schutzzonen fallen oder unter Denkmalschutz stehen, oder um Dachflächen welche aufgrund einer sehr dichten Installation von Haus-technikanlagen oder der gleichen nur sehr schwierig zu begrünen wären.

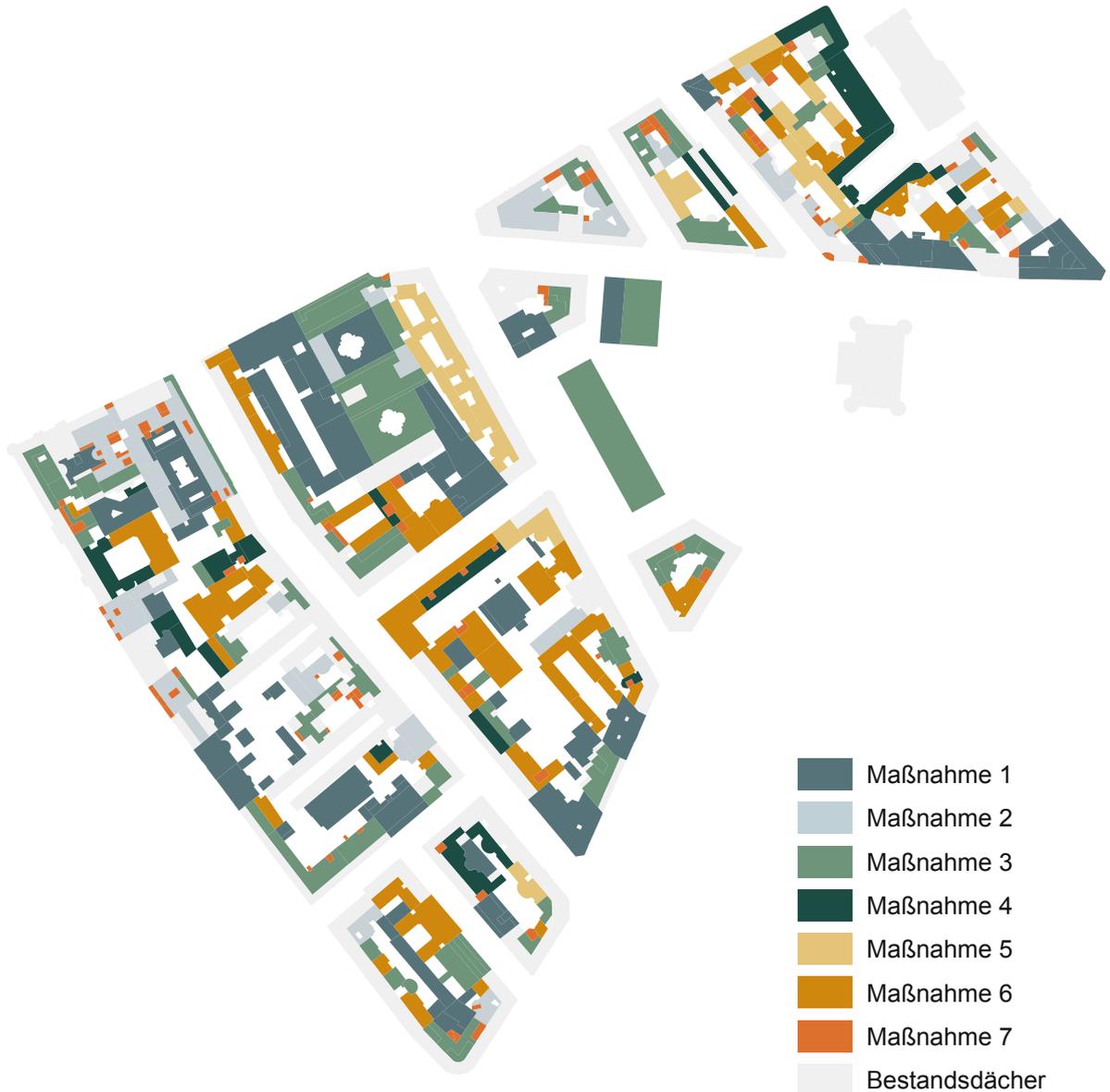


Abb.161: die einzelnen Maßnahmen im Überblick

**Maßnahmen im Überblick**

Um einen Überblick der gesamten Maßnahmen zu schaffen, sind in der Abbildung oben, alle Maßnahmen in einer Grafik ersichtlich. Diese sind wie in den Darstellungen der einzelnen Maßnahmen zuvor, nach Aufwand der notwendigen Umbauten geordnet.

- Maßnahme 1: Nachverdichtung
- Maßnahme 2: leicht begrünbare Dächer
- Maßnahme 3: Flachdächer
- Maßnahme 4: leicht geneigte Dächer bis 15°
- Maßnahme 5: Schrägdächer, Neigung 15-30°
- Maßnahme 6: Schrägdächer, Neigung 30-45°
- Maßnahme 7: Kleinflächen bis 30m<sup>2</sup>

In den dargestellten Konzepten im Kapitel Begrünungskonzepte und Potentialberechnungen im Analysegebiet, werden anhand der dargestellten Maßnahmen unterschiedliche Konzepte erstellt und deren Potentiale berechnet.

Um eine Einschätzung der entstehenden Potentiale treffen zu können werden zuvor auf den nächsten Seiten einige Referenzwerte festgelegt und analysiert.

### 4.3

## REFERENZGRÖSSEN ZUR EINSCHÄTZUNG DES GRÜNDACHPOTENTIAL

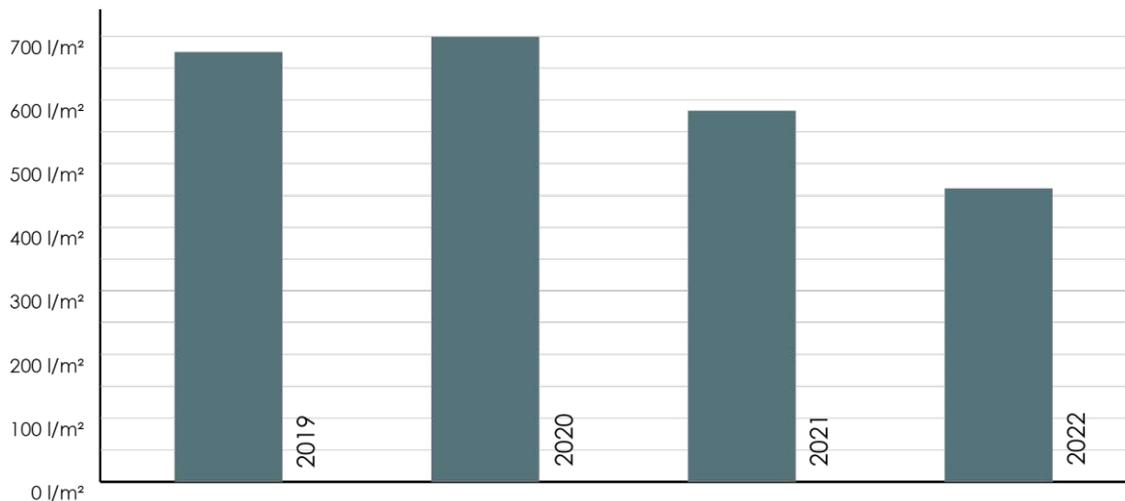


Abb.162: Niederschläge Wien pro Jahr

Um Rückschlüsse auf die Wirkungen der Dachflächen schließen zu können ist es notwendig, die Potentiale, beispielsweise den CO<sub>2</sub> Ausstoß Österreichs oder der Niederschlagsmenge am jeweiligen Standort, gegenüberzustellen.

**Niederschlag Wien**

In Wien können diese Werte in den unterschiedlichen Wetterstatistiken abgelesen werden. Die aktuellen Statistiken reichen von Beginn der Aufzeichnungen im Jahr 1955 bis ins Jahr 2021. Im Jahr 2021 beliefen sich die Niederschläge, zusammengesetzt aus Regen, Schneefall, oder Schneereg, auf 583mm. Dies entspricht 583l/m². In den Jahren zuvor, 2020 bei 699l/m², 2019 bei 675l/m² und 2018 bei 716l/m², war die Summe aller Niederschläge jeweils wesentlich höher. Der höchste Wert der Aufzeichnung findet sich im Jahr 2009 wieder, hier fielen insgesamt 900l/m² an Niederschlägen.<sup>69</sup> Ebenso ist eine Statistik unterteilt in Monate von Februar 2021 bis Februar 2023 zu finden. Jener Monat mit den höchsten Niederschlägen ist hier der Juli 2021 mit 154l/m². An insgesamt dreizehn Tagen kam es zu Niederschlag. Der Monat zuvor, Juni 2021, ist jener mit der geringsten Niederschlagsmenge mit 9l/m², mit insgesamt sechs Niederschlagstagen. In den letzten Monaten, Februar 2023 mit 45l/m², Jänner 2023 mit 43l/m², Dezember 2022 mit 32l/m², November 2022 mit 32l/m² und Oktober 2022 mit 16l/m², fiel verglichen mit den Niederschlags-Mittelwerten verhältnismäßig wenig Niederschlag.<sup>70</sup>

Als Referenzwert wurde der Mittelwert aus den Niederschlägen der Jahre 2019 bis 2021 ermittelt. Dieser ergibt einen durchschnittlichen jährlichen Niederschlag von 652,33l/m².

Jahr, Monat	Niederschlag in mm Wasserhöhe			Tage mit Niederschlag **
	Summe	Normalwert *	Abweichung vom Normalwert in Prozent	
Februar 2021	22	40,1	-45	12
März 2021	19	51,4	-63	11
April 2021	35	44,7	-22	14
Mai 2021	71	69,0	3	20
Juni 2021	9	70,0	-87	6
Juli 2021	154	70,3	119	13
August 2021	93	72,0	29	15
September 2021	20	60,8	-67	5
Oktober 2021	19	37,8	-50	6
November 2021	46	48,6	-5	14
Dezember 2021	51	48,2	6	19
Jänner 2022	34	37,9	-10	12
Februar 2022	22	40,1	-45	16
März 2022	15	51,4	-71	2
April 2022	36	44,7	-19	12
Mai 2022	52	69,0	-25	16
Juni 2022	82	70,0	17	14
Juli 2022	26	70,3	-63	11
August 2022	42	72,0	-42	11
September 2022	72	60,8	18	20
Oktober 2022	16	37,8	-58	11
November 2022	32	48,6	-34	14
Dezember 2022	32	48,2	-34	18
Jänner 2023	43	37,9	13	19
Februar 2023	45	40,1	12	11

Abb.163: Statistik Niederschläge Februar 2021 bis Februar 2023 mit Monatsmittel aus den Jahren 1981-2010, in Wien

70 Stadt Wien, 2023  
71 Stadt Wien - ZAMG, 2023

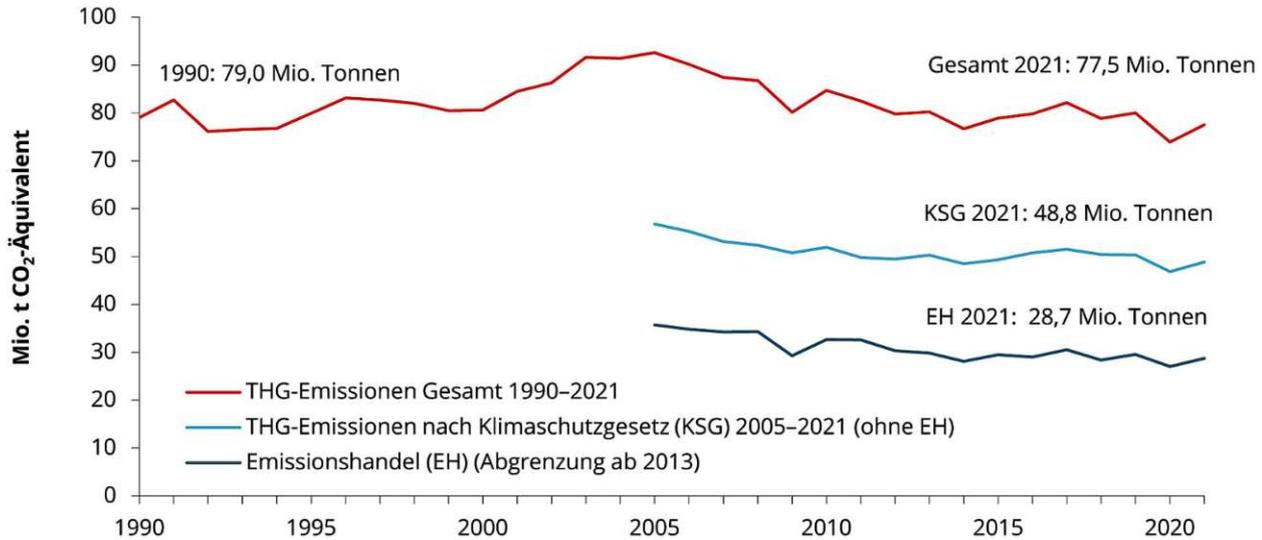


Abb.164: Treibhausgas-Emissionen von 1990-2021 in Österreich

**Treibhausgas Emissionen Österreich**

„Vermehrt auftretende Wetteranomalien und Extremwetterereignisse werden von der überwiegenden Mehrzahl der Wissenschaftler auf den Klimawandel zurückgeführt. Die wesentliche Ursache dafür sind die vom Menschen verursachten Emissionen von Treibhausgasen (THG).“<sup>71</sup>

Von Treibhausgasen oder Klimawirksamen Gasen spricht man bei:

- Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)
- Methan (CH<sub>4</sub>)
- Lachgas (NO<sub>2</sub>)
- fluorierte Gase (F-Gase)

Um eine einfache Berechnung der Emissionswerte anstellen zu können werden alle Gase in ein CO<sub>2</sub>-Äquivalent umgerechnet. Die Umrechnung Treibhausgaspotentiale erfolgt derzeit nach der Österreichischen Luftschadstoff-Inventur 2022.<sup>71</sup>

Die aktuellsten Zahlen stammen aus dem Jahr 2021. Insgesamt wurden 77,5 Millionen Tonnen Kohlendioxid-Äquivalent ausgestoßen. Im Vergleich zu 2020 entspricht dies einem Plus von 4,9%, wobei 2020 aufgrund der Corona Pandemie eine gewisse Ausnahme darstellt. Der größte Anstieg aus dem Jahr 2020 zu 2021 entstammt allerdings aus dem Bereich Gebäudesektor. Dies ist vor allem der kälteren Temperaturen und dem damit verbundenen Anstieg des Verbrauches von Erdgas und Heizöl anzurechnen. Im Österreichischen Klimaschutzgesetz sind Sektoren definiert, für welche Höchstwerte an CO<sub>2</sub> Emissionen festgelegt sind. Diese Sektoren sind Energie und Industrie, Verkehr, Gebäude, Landwirtschaft, Abfallwirtschaft und Fluorierte Gase. Ausgeschlossen wird dabei der Emissionshandelsbereich. Betrachtet man diese Sektoren wurden 2021 48,8 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent ausgestoßen.<sup>71</sup>

**Emissionen nach Sektoren**

Betrachtet man die Sektoren des Klimaschutzgesetzes, ergibt sich folgende Aufteilung:

- Energie/Industrie 34,5 Mio. Tonnen
- Verkehr 21,6 Mio. Tonnen
- Gebäude 9,1 Mio. Tonnen
- Landwirtschaft 8,2 Mio. Tonnen
- Abfallwirtschaft 2,3 Mio. Tonnen
- Fluorierte Gase 1,9 Mio. Tonnen

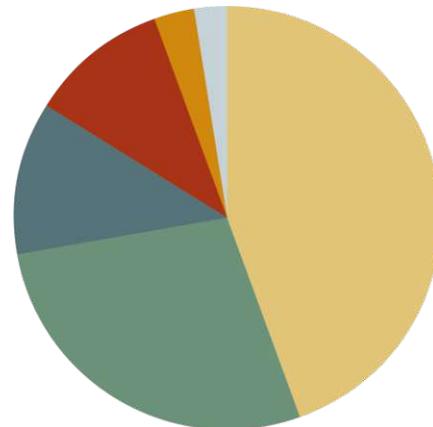


Abb.165: Treibhausgas Emissionen in Österreich im Jahr 2021 nach Sektoren

- Energie und Industrie
- Verkehr
- Gebäude
- Landwirtschaft
- Abfallwirtschaft
- Fluorierte Gase

**Referenzgröße**

Um eine Referenzgröße bei den Berechnungen annehmen zu können, wird der CO<sub>2</sub> Ausstoß pro Einwohner Österreichs herangezogen. Ähnlich wie beim Flächenverbrauch pro Einwohner weist dieser, je nach Bundesland, erhebliche Unterschiede auf. Im ersten Schritt wird dieser nicht berücksichtigt und ein Referenzwert über den österreichischen Median gebildet. Da es sich um Gebäudebegrünungen handelt sollen als Referenzgrößen sowohl die Gesamtemission als auch die Emission im Gebäudesektor herangezogen werden. Dies soll Einblick gewähren ob Dachbegrünungen einen relevanten Wert an CO<sub>2</sub> binden können oder ob der Einfluss für die Stadtplanung unerheblich ist.

Die Bevölkerung in Österreich lag laut Statistik Austria am 1.1.2022 bei 8 978.929, dieser Wert wird herangezogen um die Vergleichbarkeit mit dem CO<sub>2</sub>-Ausstoß des Jahres 2021 zu gewährleisten.<sup>72</sup>

**Emissionen pro Kopf**

Die pro Kopf Emissionen Österreichs lagen 2021 also bei:

- Gesamt	8,631 Tonnen
- Energie/Industrie	3,842 Tonnen
- Verkehr	2,406 Tonnen
- Gebäude	1,013 Tonnen
- Landwirtschaft	0,913 Tonnen
- Abfallwirtschaft	0,256 Tonnen
- Fluorierte Gase	0,212 Tonnen

Die Berechnungen dazu sind in Abbildung 163 unten ersichtlich.

73 Statistik Austria, 2022

**Emissionen im Analysegebiet**

Die Bevölkerung im Analysegebiet lag in den beiden Zählersprengel zusammen am 1.1.2022 bei 2.183 Personen. In Zählersprengel 90601010 lag sie bei 546 Einwohnern, in Zählersprengel 90601032 bei 1.637 Einwohnern.<sup>72</sup>

Im Analysegebiet werden daher rund 18.842 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr ausgestoßen.

Die Berechnungen dazu sind in Tabelle 164 ersichtlich.

73 Statistik Austria, 2022

Treibhausgas Emissionen in Österreich 2021					
Sektor	Emissionen		Einwohner		Emission/Einwohner
Energie und Industrie	34,5	Mio. Tonnen	8,979	Mio.	3,842 Tonnen
Verkehr	21,6	Mio. Tonnen	8,979	Mio.	2,406 Tonnen
Gebäude	9,1	Mio. Tonnen	8,979	Mio.	1,013 Tonnen
Landwirtschaft	8,2	Mio. Tonnen	8,979	Mio.	0,913 Tonnen
Abfallwirtschaft	2,3	Mio. Tonnen	8,979	Mio.	0,256 Tonnen
Fluorierte Gase	1,9	Mio. Tonnen	8,979	Mio.	0,212 Tonnen
<b>Gesamt</b>	<b>77,5</b>	<b>Mio. Tonnen</b>	<b>8,979</b>	<b>Mio.</b>	<b>8,631 Tonnen</b>

Abb.166: Berechnung der Treibhausgas Emissionen in Österreich, im Jahr 2021

Treibhausgas Emissionen im Analysegebiet 2021 (Durchschnitt Österreich)					
Sektor	Emission/Einwohner		Analysegebiet		Emissionen
Energie und Industrie	3,842	Tonnen	2183	Einwohner	8387,086 Tonnen
Verkehr	2,406	Tonnen	2183	Einwohner	5252,298 Tonnen
Gebäude	1,013	Tonnen	2183	Einwohner	2211,379 Tonnen
Landwirtschaft	0,913	Tonnen	2183	Einwohner	1993,079 Tonnen
Abfallwirtschaft	0,256	Tonnen	2183	Einwohner	558,848 Tonnen
Fluorierte Gase	0,212	Tonnen	2183	Einwohner	462,796 Tonnen
<b>Gesamt</b>	<b>8,631</b>	<b>Tonnen</b>	<b>2183</b>	<b>Einwohner</b>	<b>18842,169 Tonnen</b>

Abb.167: Berechnung der Treibhausgas Emissionen in Analysegebiet nach österreichischem Durchschnitt im Jahr 2021

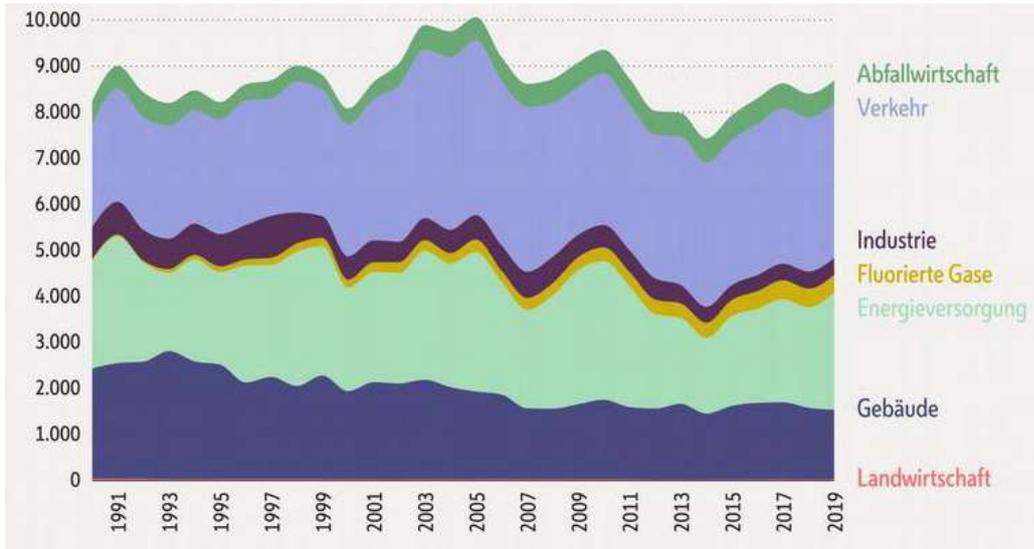


Abb.168: Treibhausgas-Emissionen in Wien nach Sektoren im Jahr 2019

**Treibhausgas Emissionen Wien**

Die letzte Analyse der Stadt Wien stammt aus dem Jahr 2019 und ist unter anderem im Energiebericht der Stadt Wien aus dem Jahr 2022 zu finden.

Der größte Emittent ist nicht, wie im gesamten Bundesland, die Industrie- und Energiewirtschaft zusammengezählt mit 2,9 Millionen Tonnen sondern der Verkehr mit 3,3 Millionen Tonnen. Ein weiterer erheblicher Unterschied ist, dass es kaum Emissionen aus der Landwirtschaft gibt. Der Anteil des Gebäudesektors ist im prozentualen Vergleich in Wien zu Österreich größer.<sup>73</sup>

**Emissionen nach Sektoren**

Betrachtet man die einzelnen Sektoren ergeben sich folgende Emissionen:

- Energie 2,5 Mio. Tonnen
- Industrie 0,3 Mio. Tonnen
- Verkehr 3,3 Mio. Tonnen
- Gebäude 1,5 Mio. Tonnen
- Landwirtschaft 0,0 Mio. Tonnen
- Abfallwirtschaft 0,5 Mio. Tonnen
- Fluorierte Gase 0,4 Mio. Tonnen

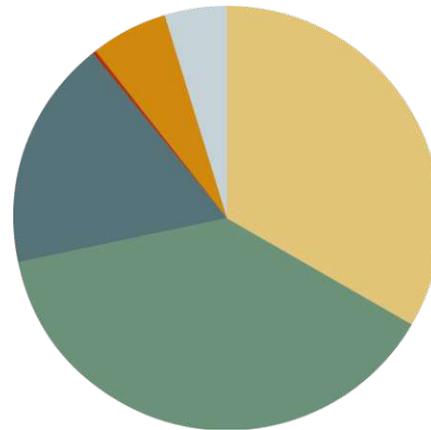


Abb.169: Treibhausgas Emissionen in Wien im Jahr 2019 nach Sektoren

- Energie und Industrie
- Verkehr
- Gebäude
- Landwirtschaft
- Abfallwirtschaft
- Fluorierte Gase

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar. The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

**Referenzgröße**

Um einen vergleichbaren Wert mit jenen der Emissionen Österreichs zu erhalten erfolgt wiederum eine Umrechnung auf Emissionen pro Kopf. Laut Statistik Austria lebten m 1.1.2020 in Wien 1 911.191 Personen.

**Emissionen pro Kopf**

Die pro Kopf Emissionen in Wien lagen 2019 also bei:

- Gesamt 4,547 Tonnen
- Energie 1,327 Tonnen
- Industrie 0,192 Tonnen
- Verkehr 1,750 Tonnen
- Gebäude 0,793 Tonnen
- Landwirtschaft 0,015 Tonnen
- Abfallwirtschaft 0,267 Tonnen
- Fluorierte Gase 0,204 Tonnen

Die Berechnungen dazu sind in Abbildung 167 unten ersichtlich

Die Emissionen pro Einwohner sind im Vergleich zum österreichischen Durchschnitt also bedeutend geringer. Im Gegensatz zu 8,631 Tonnen/Einwohner österreichweit beträgt er im Wiener Schnitt nur 4,547 Tonnen. Dies entspricht einer Reduktion von 4,084 Tonnen CO<sub>2</sub>-Ausstoss pro Einwohner oder einem Minus von rund 45%.

**Emissionen im Analysegebiet**

Berechnet man mit dem neuen Ausgangswert die Emissionen im Analysegebiet mit seinen 2.183 Einwohnern ergeben sich folgende Kennzahlen.

Im Analysegebiet werden durch Berechnungen anhand des Ermittelten Wiener Durchschnittes rund 9.927 Tonnen CO<sub>2</sub> jährlich ausgestoßen.

Die Berechnungen dazu sind in Tabelle 168 zu sehen.

Treibhausgas Emissionen in Wien 2019						
Sektor	Emissionen		Einwohner		Emission/Einwohner	
Energie	2,537	Mio. Tonnen	1,911	Mio.	1,327	Tonnen
Industrie	0,366	Mio. Tonnen	1,911	Mio.	0,192	Tonnen
Verkehr	3,344	Mio. Tonnen	1,911	Mio.	1,750	Tonnen
Gebäude	1,515	Mio. Tonnen	1,911	Mio.	0,793	Tonnen
Landwirtschaft	0,028	Mio. Tonnen	1,911	Mio.	0,015	Tonnen
Abfallwirtschaft	0,511	Mio. Tonnen	1,911	Mio.	0,267	Tonnen
Fluorierte Gase	0,39	Mio. Tonnen	1,911	Mio.	0,204	Tonnen
<b>Gesamt</b>	<b>8,691</b>	<b>Mio. Tonnen</b>	<b>1,911</b>	<b>Mio.</b>	<b>4,547</b>	<b>Tonnen</b>

Abb.170: Berechnung der Teibhausgas Emissionen in Wien im Jahr 2019

Treibhausgas Emissionen im Analysegebiet 2019 (Durchschnitt Wien)						
Sektor	Emission/Einwohner		Analysegebiet		Emissionen	
Energie	3,842	Tonnen	2183	Einwohner	8387,086	Tonnen
Industrie	2,406	Tonnen	2183	Einwohner	5252,298	Tonnen
Verkehr	2,406	Tonnen	2183	Einwohner	5252,298	Tonnen
Gebäude	1,013	Tonnen	2183	Einwohner	2211,379	Tonnen
Landwirtschaft	0,913	Tonnen	2183	Einwohner	1993,079	Tonnen
Abfallwirtschaft	0,256	Tonnen	2183	Einwohner	558,848	Tonnen
Fluorierte Gase	0,212	Tonnen	2183	Einwohner	462,796	Tonnen
<b>Gesamt</b>	<b>4,547</b>	<b>Tonnen</b>	<b>2183</b>	<b>Einwohner</b>	<b>9927,031</b>	<b>Tonnen</b>

Abb.171: Berechnung der Teibhausgas Emissionen in Analysegebiet nach Wiener Durchschnitt im Jahr 2019

## 4.4

# KONZEPT UND POTENTIALBERECHNUNGEN

### Begrünungskonzepte

Um die einzelnen Maßnahmen einordnen zu können, werden anhand von diversen Konzepten verschiedene Begrünungsszenarien durchgespielt und deren Potentiale anhand des Analysegebietes berechnet. Die Potentiale Wasserrückhalt und CO<sub>2</sub>-Bindung werden dabei auch mit dem CO<sub>2</sub>-Ausstoss beziehungsweise dem Niederschlag gegenübergestellt.

#### *Einfach begrünte Flachdächer*

Begrünte Flachdächer sind beispielsweise im Schweizer Kanton Basel-Stadt seit vielen Jahren auch gesetzlich vorgeschrieben. Erstmals am 25. März 1976 wurden Begrünungspflichten für Flachdächer von erdgeschossigen Gewerbebauten beschlossen. Daran anschließend wurde am 17. November 1999 ein Gesetz erlassen, welches für alle ungenutzten Flachdächer vorschreibt, diese zu begrünen. Gemäß Bewilligungspraxis gilt dies für Dächer mit Neigungen bis zu 10° oder 18%.<sup>74</sup>

Auch andere Städte schreiben mittlerweile begrünte Flachdächer per Gesetz vor.

In Wien werden durch den Flächenwidmungs- und Bebauungsplan in Neubaugebieten ebenso Begrünungen nach Stand der Technik vorgeschrieben, welche in der Regel durch extensive Begrünungen umgesetzt werden.

#### *Gründachpotential Wien*

Das zweite Konzept wurde in Anlehnung an die Analyse des Dachbegrünungspotentials Wien aus dem Jahr 2011 erstellt. Hier wurden Dachflächen von 0-20° Neigung analysiert.

#### *Begrünung laut ÖNORM L 1131*

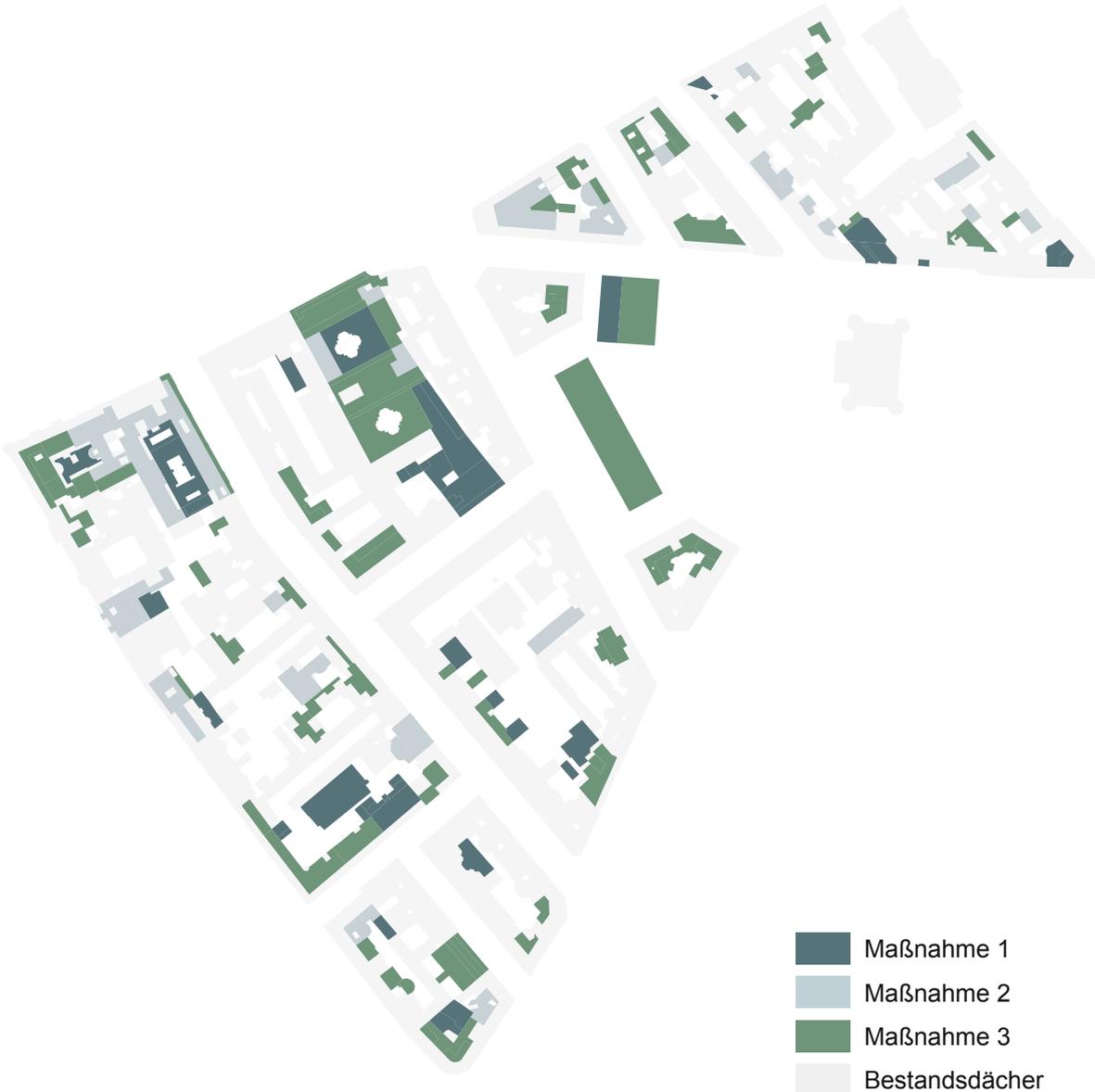
Im dritten Konzept werden alle Potentiale von Maßnahmen zusammengeführt welche laut ÖNORM L 1131, zusammengefasst in Kapitel 5.1, begrünbar sind.

#### *Schwammdach*

Als vierte Möglichkeit wurden Maßnahmen zusammengeführt welche das Konzept der Schwammstadt auch auf den Dachflächen umsetzen könnten. Augenmerk liegt hier also bei einer möglichst hohen Wasserretention bei möglichst einfachen Aufbauten.

#### *Nach technischen Möglichkeiten*

Im fünften Konzept wird eine Begrünung nach technischen Möglichkeiten berechnet. Es werden alle Dachflächen mit Neigungen bis zu 45° berücksichtigt.



Maßnahme 1  
Maßnahme 2  
Maßnahme 3  
Bestandsdächer

Abb.172: mögliche Gründächer nach technischen Möglichkeiten, nach Maßnahmen, im Analysegebiet

**Konzept 1**  
**einfache Begrünung von Flachdächern**

Als erstes Konzept wird eine einfache Dachbegrünung von Flachdächern analysiert und deren Potentiale berechnet.

Angelehnt ist diese auch an Vorschriften diverser Städte in der Schweiz. Beispielsweise aus dem Kanton Basel Stadt.<sup>74</sup>

Um wirklich nur die einfachsten Begrünungen zu berücksichtigen, werden in Konzept 1 nur Begrünungen an Dächern angenommen, welche keine Neigung haben. Wie im vorangegangenen Maßnahmenkatalog werden auch hier nur Begrünungen für Dächer über 30m<sup>2</sup> vorgeschlagen.

Das erste Konzept setzt sich aus den Maßnahmen M1 Variante 1, M2 und M3 zusammen, allesamt begrünt mit extensiver Begrünung. Die Aufbauten entsprechen Dachtyp A. Das Potential für Wasserrückhalt liegt dabei bei 35,98l/m<sup>2</sup> und bei 0,313kg/m<sup>2</sup> bei CO<sub>2</sub>-Bindung.

**Potential**

Im Begrünungskonzept 1 wird etwa ein Viertel aller Dachflächen mit einer extensiven Dachbegrünung versehen. Insgesamt handelt es sich um Dachflächen von 19.742,34m<sup>2</sup> und 28,26% der Dachflächen im Analysegebiet.

Berücksichtigt werden Flachdächer aus den Maßnahmen 1 bis 3. Genauer berechnet ist der potentielle Wasserrückhalt und die CO<sub>2</sub>-Bindung. Neben der Senkung der Umgebungstemperatur und der Oberflächentemperaturen sind wohl die Feinstaub- und Schadstoffbindung die entscheidenden Vorteile der Gründächer in der Stadtplanung.

Um diese Vorteile der Dachbegrünung auch in ein vorstellbares Verhältnis zu bringen, werden die behandelten Vergleichswerte herangezogen. Der Wasserrückhalt wird ins Verhältnis des gesamten Niederschlags im Analysegebiet gesetzt.

Um auch die CO<sub>2</sub>-Bindung zu veranschaulichen wird diese ins Verhältnis zur benötigten Waldfläche, welche für die selbe CO<sub>2</sub>-Bindung, erforderlich ist gesetzt.

Durch Konzept 1 entsteht ein möglicher Wasserrückhalt von 7 083.186,36 Liter. Dieser beläuft sich auf 8,73% des Niederschlags im gesamten Analysegebiet. Die jährliche CO<sub>2</sub>-Bindung beläuft sich auf 6.179,35kg der vorgesehenen Gründächer. Für die selbe CO<sub>2</sub>-Bindung durch Waldflächen müssen umgerechnet 4.477,79m<sup>2</sup> Bäume gepflanzt werden, dies entspricht 3,60% des Analysegebiet. Vergleicht man die mögliche CO<sub>2</sub>-Bindung mit einem Ausstoß pro Person, wird der Ausstoß von 0,716 Personen gebunden.

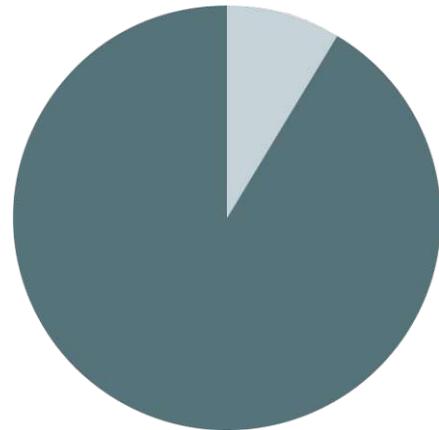


Abb.173: Rückhalt des jährlichen Niederschlag im Analysegebiet durch die Dachbegrünung, nach Konzept 1

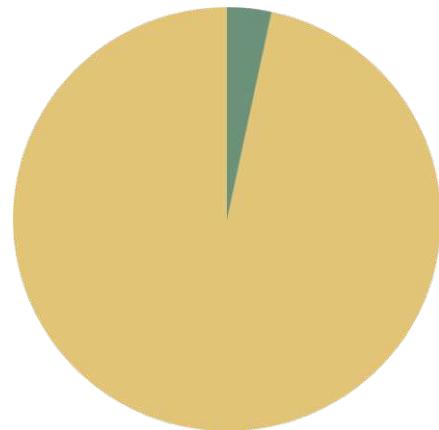


Abb.174: nötige Waldfläche im Analysegebiet um die CO<sub>2</sub>-Bindung der Dachflächen zu generieren, nach Konzept 1

**Potentialvergleich:**

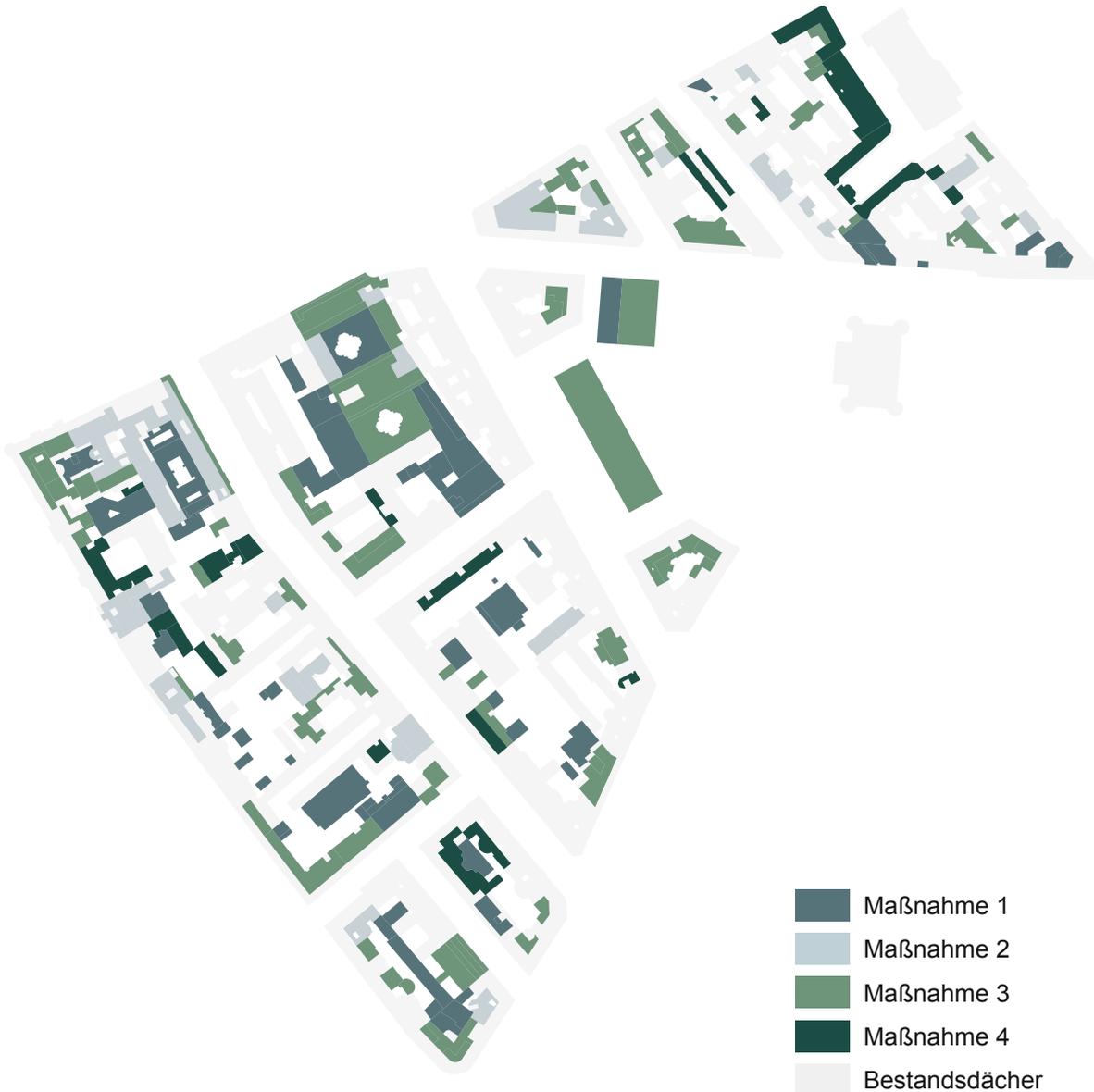
Wasserrückhalt:	8,73 %
nötige Waldfläche:	4.477,79 m <sup>2</sup>
nötiger Anteil von Waldfläche im Analysegebiet:	3,60 %
CO <sub>2</sub> -Bindung im Verhältnis zum Ausstoß/Person:	0,716 Pers.

K1 - Dachflächen			
Bezeichnung	Dachfläche		
Dachfläche Gesamt	69848,4 m <sup>2</sup>		100 %
M1 - 0°	5223,39 m <sup>2</sup>		7,48 %
M2 - 0°	4863,69 m <sup>2</sup>		6,96 %
M3 - 0°	9655,26 m <sup>2</sup>		13,82 %
Gesamtfläche	19742,34 m <sup>2</sup>		28,26 %

Abb.175: berücksichtigte Dachflächen in Begrünungskonzept 1

K1 - einfache Begrünung von Flachdächern				
Bezeichnung	Wasserrückhalt		CO <sub>2</sub> -Bindung	
	Menge	l	Menge	kg
M1 (Variante 1)	1874055,70	l	1634,92	kg
M2	1745001,99	l	1522,33	kg
M3	3464128,67	l	3022,10	kg
Gesamt	7083186,36	l	6179,35242	kg

Abb.176: Potentialberechnung von Begrünungskonzept 1



- Maßnahme 1
- Maßnahme 2
- Maßnahme 3
- Maßnahme 4
- Bestandsdächer

Abb.177: mögliche Gründächer nach technischen Möglichkeiten, nach Maßnahmen, im Analysegebiet

**Konzept 2**  
Begrünung laut Gründachpotential der Stadt Wien  
Als nächstes Konzept wird eine Begrünung nach Gründachpotential der Stadt Wien durchgeführt.

Im Maßnahmenkatalog werden auch hier nur Begrünungen für Dächer über 30m<sup>2</sup> vorgeschlagen. Das Konzept setzt sich aus den Maßnahmen M1 Variante eins, M2, M3 und M4 zusammen,

Im Bericht „Dachbegrünungspotential Wien“ aus dem Jahr 2011 werden Dachflächen in Wien ermittelt, welche als Dachbegrünungspotential dargelegt werden. Dabei werden zwei Kategorien an Dachflächen genauer untersucht. Einerseits Neigungen von 0-5°, diese gelten als leicht begrünbar, andererseits Dachflächen mit Neigungen von 5-20°, welche ebenso als begrünbar, allerdings mit leichten Eingriffen in die Dachkonstruktion, gelten.

In Anlehnung an diese Studie werden im zweiten Begrünungskonzept Dachflächen mit einer Neigung bis zu 15° mit extensiven Gründächern begrünt.

**Potential**

In Begrünungskonzept 2 werden Dachflächen von 25.845,78m<sup>2</sup> oder insgesamt 37,00% der Dachflächen im Analysegebiet behandelt.

Wie in Konzept 1 werden alle Dachflächen mit extensiver Begrünung begrünt, allerdings werden auch Dachflächen mit Neigungen bis zu 15° berücksichtigt.

Durch Konzept 3 entsteht ein möglicher Wasserrückhalt von 8 874.724,19 Liter. Dies entspricht 10,94% des Durchschnittlichen Niederschlags im gesamten Analysegebiet. Die jährliche CO<sub>2</sub>-Bindung beläuft sich auf 8.089,60kg der vorgesehenen Gründächer. Für die selbe CO<sub>2</sub>-Bindung durch Waldflächen, müssen umgerechnet 5.862,03m<sup>2</sup> Wald angelegt werden, dies entspricht 4,71% des Analysegebiet. Vergleicht man die mögliche CO<sub>2</sub>-Bindung mit einem Ausstoß pro Person, wird der Ausstoß von 0,937 Personen gebunden.

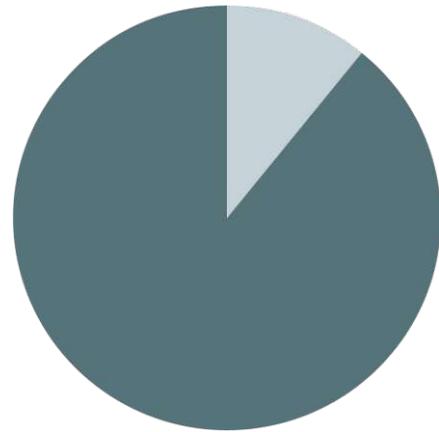


Abb.178: Rückhalt des jährlichen Niederschlag im Analysegebiet durch die Dachbegrünung, nach Konzept 2

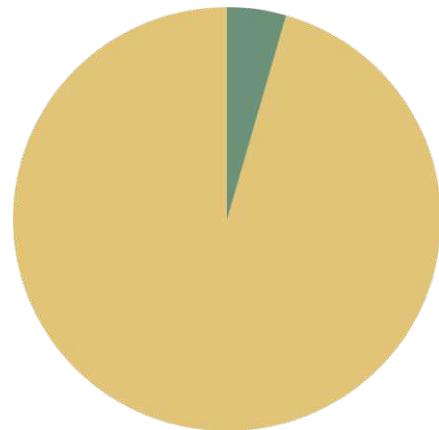


Abb.179: nötige Waldfläche im Analysegebiet um die CO<sub>2</sub>-Bindung der Dachflächen zu generieren, nach Konzept 2

**Potentialvergleich:**

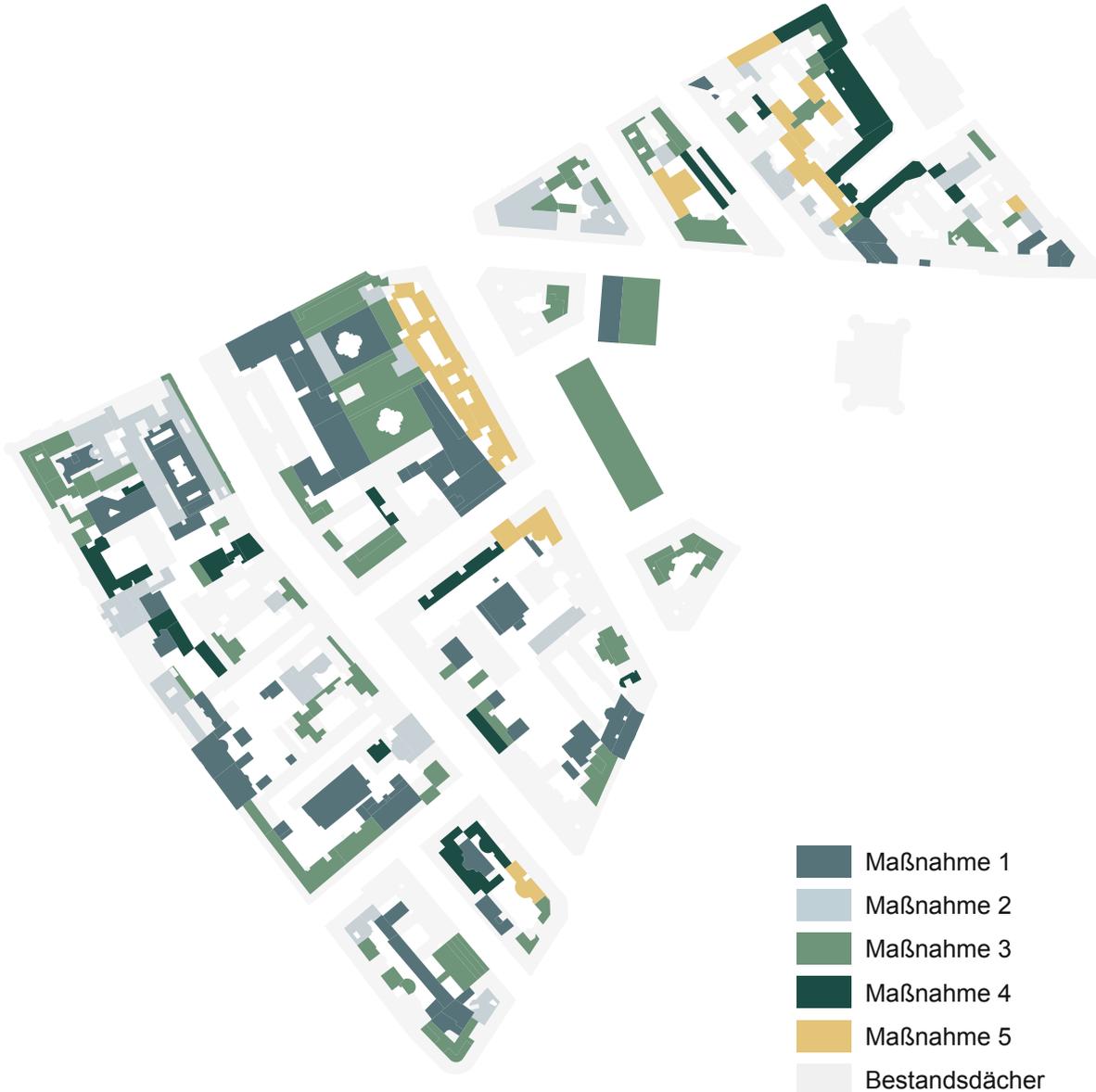
Wasserrückhalt:	10,94 %
nötige Waldfläche:	5.862,03 m <sup>2</sup>
nötiger Anteil von Waldfläche im Analysegebiet:	4,71 %
CO <sub>2</sub> -Bindung im Verhältnis zum Ausstoß/Person:	0,937 Pers.

K2 - Dachflächen			
Bezeichnung	Dachfläche		
Dachfläche Gesamt	69848,4	m <sup>2</sup>	100 %
M1 - 0°-15°	7825,30	m <sup>2</sup>	11,20 %
M2 - 0°	4863,69	m <sup>2</sup>	6,96 %
M3 - 0°	9655,26	m <sup>2</sup>	13,82 %
M4 - 15°	3501,13	m <sup>2</sup>	5,01 %
Gesamtfläche	25845,3756	m <sup>2</sup>	37,00 %

Abb.180: berücksichtigte Dachflächen in Begrünungskonzept 2

K2 - Gründachpotential Stadt Wien				
Bezeichnung	Wasserrückhalt		CO <sub>2</sub> -Bindung	
	Maßnahme	Menge	Menge	kg
M1 (Variante 1)	2637841,18	l	2449,32	kg
M2	1745001,99	l	1522,33	kg
M3	3464128,67	l	3022,10	kg
M4	1027752,34	l	1095,85	kg
Gesamt	8874724,19	l	8089,6035	kg

Abb.181: Potentialberechnung von Begrünungskonzept 2



- Maßnahme 1
- Maßnahme 2
- Maßnahme 3
- Maßnahme 4
- Maßnahme 5
- Bestandsdächer

Abb.182: mögliche Gründächer nach technischen Möglichkeiten, nach Maßnahmen, im Analysegebiet

**Konzept 3**

**Begrünung laut ÖNORM L1131**

Als nächstes Konzept wird eine Begrünung nach Ö-Norm L1131 durchgeführt.

Diese umfasst die Begrünung alle Dächer mit Neigungen bis zu 30°. Dächer mit Neigungen zwischen 30 und 45° werden in der letzt gültigen Fassung der Ö-Norm nicht mehr berücksichtigt und fallen somit nicht in die Potentialberechnung des Begrünungskonzepts 3.

Unter Berücksichtigung aller Dachflächen mit Neigungen bis zu 30° werden die Maßnahmen M1 bis M5 laut Maßnahmenkatalog berücksichtigt. Anders als bei den vorherigen Begrünungskonzepten werden nicht alle Dachflächen mit extensiven Begrünungen begrünt. Jene Dachflächen der Maßnahme Aufstockung, M1, wird mit einer intensiven Dachbegrünung ausgeführt.

**Potential**

Im Begrünungskonzept 3 werden alle Dachflächen mit Neigungen bis zu 30° berücksichtigt. Insgesamt handelt es sich dabei um eine Dachfläche von 30.321,50m<sup>2</sup>, oder 43,41% der Dachflächen im Analysegebiet.

Anders als in den ersten beiden Begrünungskonzepten werden die Dachflächen der Maßnahme 1, der Dachaufstockung, als intensive Dachbegrünung ausgeführt. Dies hat sowohl positive Auswirkungen auf die Retention, aber auch auf jene der CO<sub>2</sub>-Bindung, da diese im Vergleich zur extensiven Begrünung erheblich größer ist.

Durch Konzept 3 entsteht ein möglicher Wasserrückhalt von 9 971.997,29 Liter. Dies entspricht 12,29% des Durchschnittlichen Niederschlags im gesamten Analysegebiet. Die jährliche CO<sub>2</sub>-Bindung beläuft sich auf 20.391,85kg der vorgesehenen Gründächer. Für die selbe CO<sub>2</sub>-Bindung durch Waldflächen, müssen umgerechnet 14.776,70m<sup>2</sup> Wald angelegt werden, dies entspricht 11,88% des Analysegebiet. Vergleicht man die mögliche CO<sub>2</sub>-Bindung mit einem Ausstoß pro Person, wird der Ausstoß von 2,363 Personen gebunden.

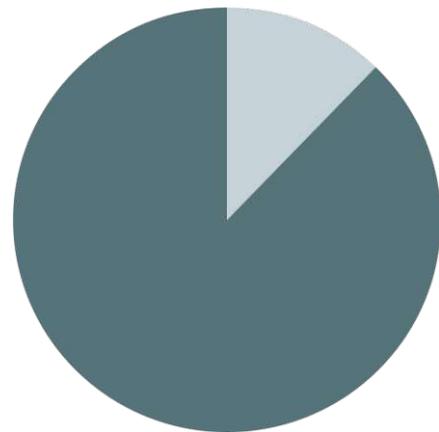


Abb.183: Rückhalt des jährlichen Niederschlag im Analysegebiet durch die Dachbegrünung, nach Konzept 3

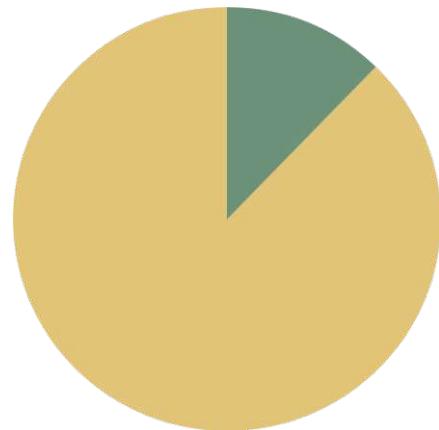


Abb.184: nötige Waldfläche im Analysegebiet um die CO<sub>2</sub>-Bindung der Dachflächen zu generieren, nach Konzept 3

**Potentialvergleich:**

Wasserrückhalt:	12,29 %
nötige Waldfläche:	14.776,70 m <sup>2</sup>
nötiger Anteil von Waldfläche im Analysegebiet:	11,88 %
CO <sub>2</sub> -Bindung im Verhältnis zum Ausstoß/Person:	2,363 Pers.

K3 - Dachflächen			
Bezeichnung	Dachfläche		
<i>Dachfläche Gesamt</i>	69848,4	m <sup>2</sup>	100 %
M1 - 0°-30°	9286,70	m <sup>2</sup>	13,30 %
M2 - 0°	4863,69	m <sup>2</sup>	6,96 %
M3 - 0°	9655,26	m <sup>2</sup>	13,82 %
M4 - 15°	3501,13	m <sup>2</sup>	5,01 %
M5 - 15-30°	3014,72	m <sup>2</sup>	4,32 %
Gesamtfläche	30321,498	m <sup>2</sup>	43,41 %

Abb.185: berücksichtigte Dachflächen in Begrünungskonzept 3

K3 - Begrünung nach ÖNORM				
Bezeichnung	Wasserrückhalt		CO <sub>2</sub> -Bindung	
	Menge	l	Menge	kg
M1 (Variante 3)	3627187,24	l	13807,95	kg
M2	1745001,99	l	1522,33	kg
M3	3464128,67	l	3022,10	kg
M4	1027752,34	l	1095,85	kg
M5	107927,05	l	943,61	kg
Gesamt	9971997,29	l	20391,8454	kg

Abb.186: Potentialberechnung von Begrünungskonzept 3

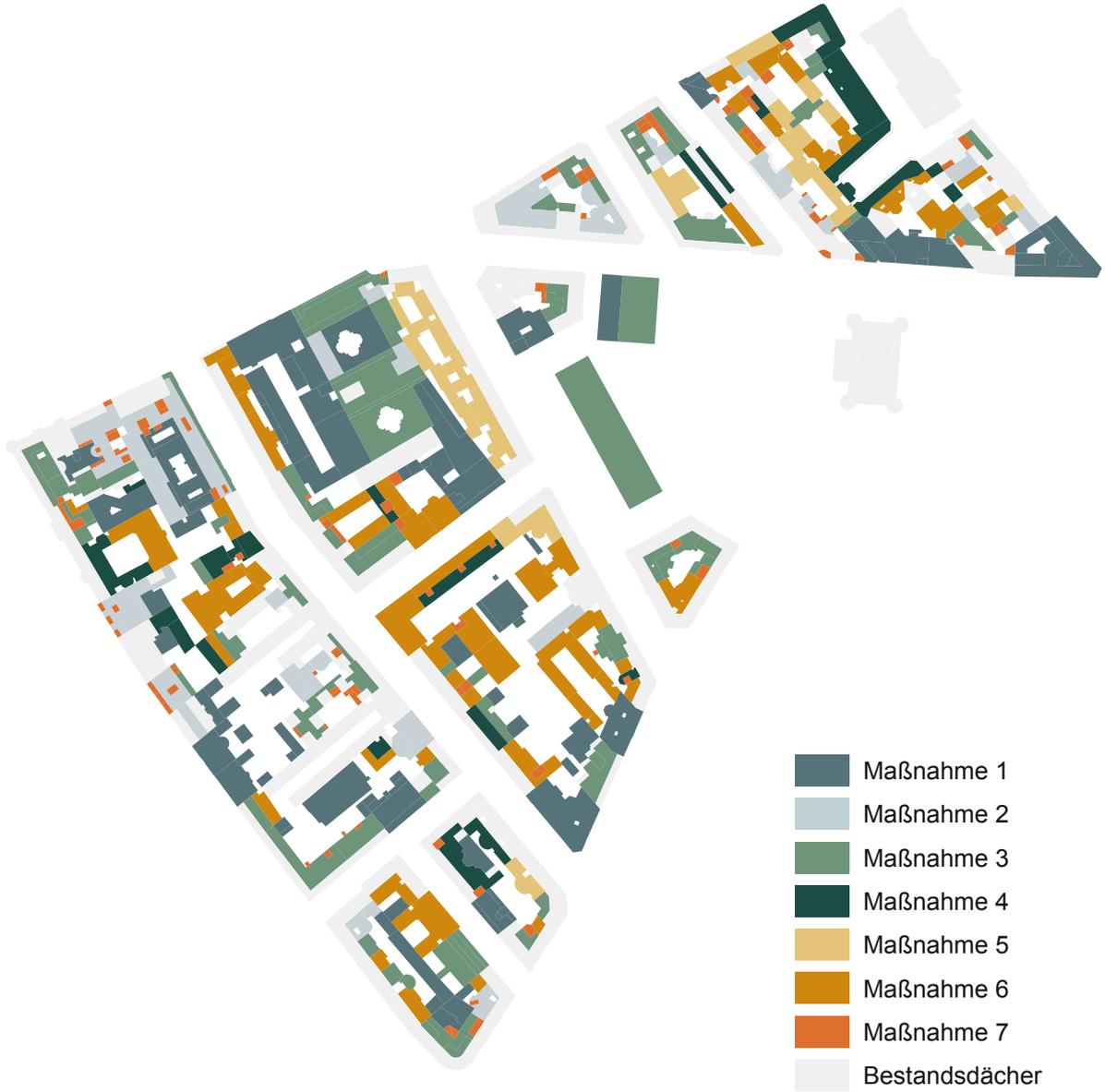


Abb.187: mögliche Gründächer nach technischen Möglichkeiten, nach Maßnahmen, im Analysegebiet

**Konzept 4**  
**Schwammdach**

In der Potentialberechnung vom Begrünungskonzept 4 werden erstmals auch Schrägdächer mit Neigungen von bis zu 45°, sowie auch die Kleinflächen bis 30m<sup>2</sup> berücksichtigt. Es erstmals alle Maßnahmen berücksichtigt. Somit ist ich auch ein Vergleich mit den folgenden Konzepten möglich.

Mit dem Konzept Schwammdach soll eine möglichst hohe Wasserretention, jedoch mit möglichst geringem Aufwand erreicht werden. Anders als im Begrünungskonzept 3 kommt also anstelle einer intensiven Dachbegrünung bei Flachdächern ein Retentionsdach zum Einsatz.

Im vierten Begrünungskonzept kommen bei den Maßnahme M1, M2 und M3, also bei allen Dächern ohne Neigung, Retentionsdächer zum Einsatz. Bei allen übrigen Dachflächen kommen wie bei Schrägdächern üblich, extensiv begrünte Dachaufbauten zum Einsatz.

**Potential**

Im Begrünungskonzept 4 werden erstmals alle Potentialflächen begrünt. Für das Konzept des Schwammdach es werden alle Dachflächen mit Retentionsdächern ohne Drossel ausgeführt. Diese werden wie üblich mit extensiver Begrünung ausgeführt. Die Konzentration liegt in diesem Begrünungskonzept also vor allem auf der Wasserretention und der Entlastung des Abwassersystems des Analysegebietes. Gesamt werden 43.751,10m<sup>2</sup> Dachflächen begrünt, was 62,64% aller Dachflächen im Analysegebiet entspricht.

Durch Konzept 4 entsteht ein möglicher Wasserrückhalt von 13 573.506,43 Liter. Dies entspricht 16,73% des durchschnittlichen Niederschlags im gesamten Analysegebiet. Die jährliche CO<sub>2</sub>-Bindung beläuft sich auf 16.830,94kg der vorgesehenen Gründächer. Für die selbe CO<sub>2</sub>-Bindung durch Waldflächen, müssen umgerechnet 12.196,33m<sup>2</sup> Wald angelegt werden, dies entspricht 9,81% des Analysegebiet. Vergleicht man die mögliche CO<sub>2</sub>-Bindung mit einem Ausstoß pro Person, wird der Ausstoß von 1,950 Personen gebunden.

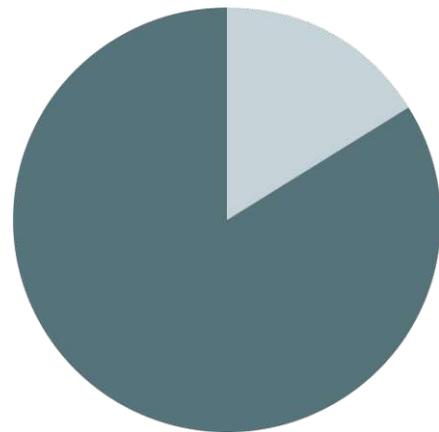


Abb.188: Rückhalt des jährlichen Niederschlag im Analysegebiet durch die Dachbegrünung, nach Konzept 4

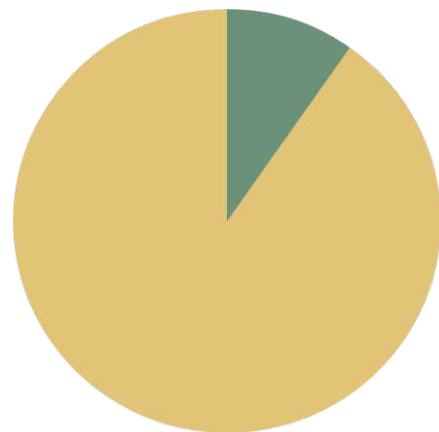


Abb.189: nötige Waldfläche im Analysegebiet um die CO<sub>2</sub>-Bindung der Dachflächen zu generieren, nach Konzept 4

**Potentialvergleich:**

Wasserrückhalt:	16,73 %
nötige Waldfläche:	12.196,33 m <sup>2</sup>
nötiger Anteil von Waldfläche im Analysegebiet:	9,81 %
CO <sub>2</sub> -Bindung im Verhältnis zum Ausstoß/Person:	1,950 Pers.

K4 - Dachflächen			
Bezeichnung	Dachfläche		
Dachfläche Gesamt	69848,4 m <sup>2</sup>		100 %
M1 - 0°-45°	11193,03 m <sup>2</sup>		16,02 %
M2 - 0°	4863,69 m <sup>2</sup>		6,96 %
M3 - 0°	9655,26 m <sup>2</sup>		13,82 %
M4 - 15°	3501,13 m <sup>2</sup>		5,01 %
M5 - 15-30°	3014,72 m <sup>2</sup>		4,32 %
M6 - 30-45°	9860,93 m <sup>2</sup>		14,12 %
M7 - 0-15°	1662,34 m <sup>2</sup>		2,38 %
Gesamtfläche	43751,0977 m <sup>2</sup>		62,64 %

Abb.190: berücksichtigte Dachflächen in Begrünungskonzept 4

K4 - Schwammdach				
Bezeichnung Maßnahme	Wasserrückhalt		CO <sub>2</sub> -Bindung	
	Menge	l	Menge	kg
M1 (Variante 2)	3854745,83	l	3503,42	kg
M2	2776139,54	l	1522,33	kg
M3	5511113,79	l	3022,10	kg
M4	1027752,34	l	1095,85	kg
M5	107927,05	l	943,61	kg
M6	295827,88	l	3086,47	kg
M7	-	l	3657,16	kg
Gesamt	13573506,43	l	16830,94	kg

Abb.191: Potentialberechnung von Begrünungskonzept 4

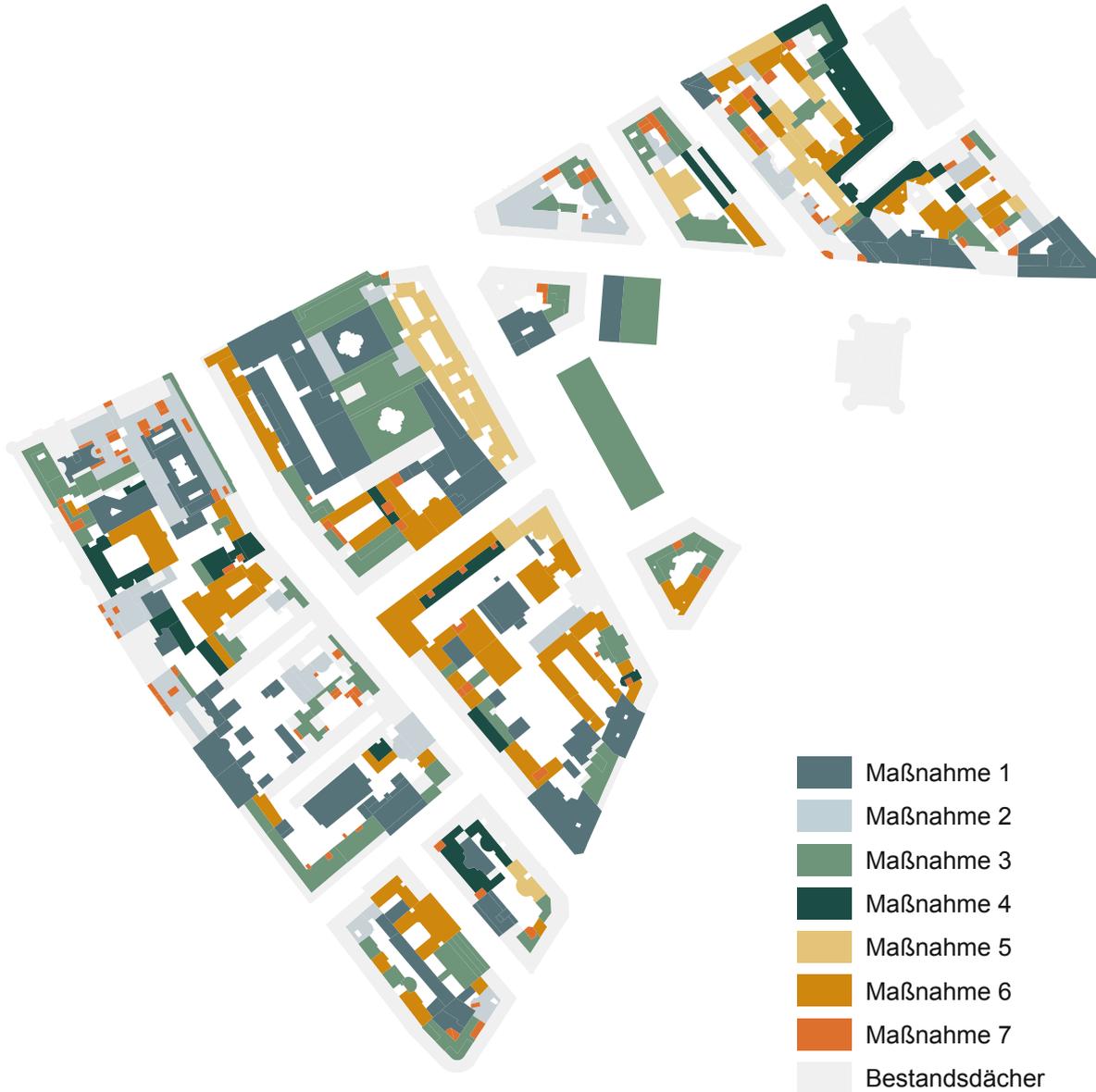


Abb.192: mögliche Gründächer nach technischen Möglichkeiten, nach Maßnahmen, im Analysegebiet

**Konzept 5**  
**nach technischen Möglichkeiten**

Im Begrünungskonzept 5 wird versucht alle Dachflächen, welche nach Stand der Technik zu begrünen sind, auch zu begrünen. Somit werden alle Dachflächen mit Neigungen bis zu 45° sowie alle Kleinflächen mit Moosmatten begrünt.

Bei den Flachdächern der Maßnahme M1, Aufstockung, wird eine intensive Begrünung eingesetzt. Bei allen Maßnahmen, welche Flachdächer betreffen, kommen extensive Dachbegrünungen zur Ausführung. Bei den Kleinflächen unter 30m<sup>2</sup> aus Maßnahme 7 kommen Moosmatten zur Begrünung der Dachflächen zum Einsatz.

**Potential**

Wie im Begrünungskonzept 4 werden auch im Begrünungskonzept 5 alle Potentialflächen begrünt. Anders wie im Begrünungskonzept 4 werden die Flachdächer der Maßnahme 1 als intensive Dachbegrünungen ausgeführt. Alle weiteren Dachflächen werden extensiv begrünt. Wie in allen anderen Konzepten werden Kleinflächen aus Potential 7 mit Moosmatten begrünt. Gesamt werden 43.751,10m<sup>2</sup> Dachflächen begrünt, was 62,64% aller Dachflächen im Analysegebiet entspricht, somit ist auch eine Vergleichbarkeit mit Konzept 4 und den folgenden Konzepten möglich.

Durch Konzept 5 entsteht ein möglicher Wasserrückhalt von 10 325.015,10 Liter. Dies entspricht 12,73% des durchschnittlichen Niederschlags im gesamten Analysegebiet. Die jährliche CO<sub>2</sub>-Bindung beläuft sich auf 27.732,15kg der vorgesehenen Gründächer. Für die selbe CO<sub>2</sub>-Bindung durch Waldflächen, müssen umgerechnet 20.095,76m<sup>2</sup> Wald angelegt werden, dies entspricht 16,16% des Analysegebiet. Vergleicht man die mögliche CO<sub>2</sub>-Bindung mit einem Ausstoß pro Person, wird der Ausstoß von 3,213 Personen gebunden. Verglichen mit Maßnahme vier ist die Wasserretention um exakt vier Prozent geringer. Allerdings ist durch die durchgeführte Intensivbegrünung die CO<sub>2</sub>-Bindung um einiges höher. Insgesamt müssten für Konzept 5 um 7.899,43m<sup>2</sup> mehr Wald angelegt werden.

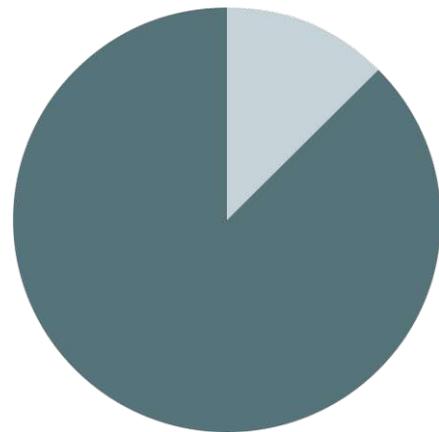


Abb.193: Rückhalt des jährlichen Niederschlag im Analysegebiet durch die Dachbegrünung, nach Konzept 5

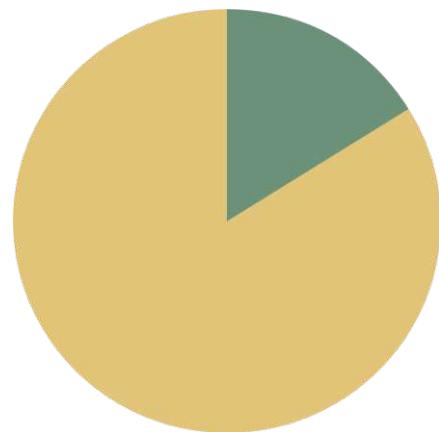


Abb.194: nötige Waldfläche im Analysegebiet um die CO<sub>2</sub>-Bindung der Dachflächen zu generieren, nach Konzept 5

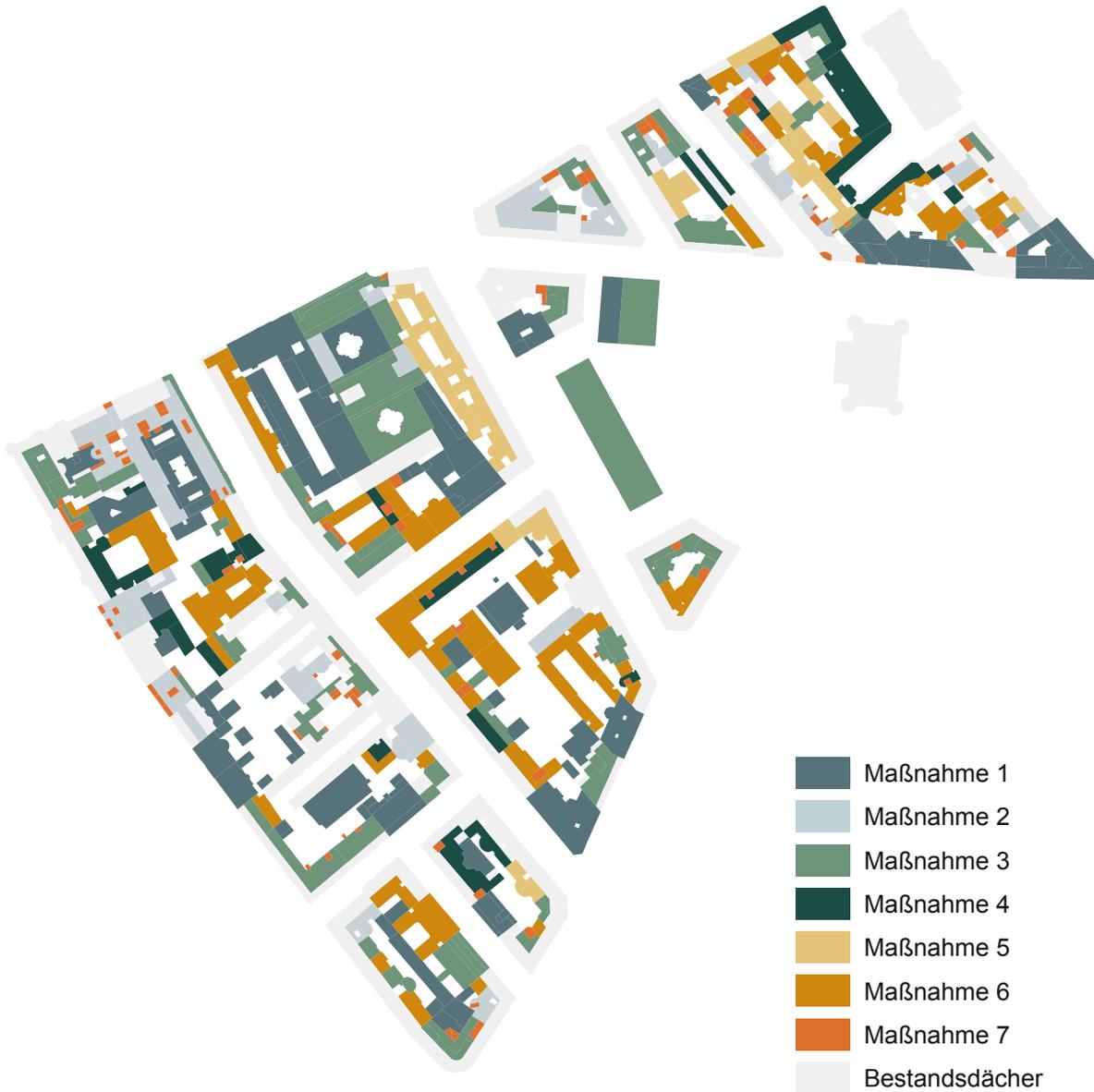
**Potentialvergleich:**  
 Wasserrückhalt: 12,73 %  
 nötige Waldfläche: 20.095,76 m<sup>2</sup>  
 nötiger Anteil von Waldfläche im Analysegebiet: 16,16 %  
 CO<sub>2</sub>-Bindung im Verhältnis zum Ausstoß/Person: 3,213 Pers.

K5 - Dachflächen			
Bezeichnung	Dachfläche		
Dachfläche Gesamt	69848,4 m <sup>2</sup>	100 %	
M1 - 0°-45°	11193,03 m <sup>2</sup>	16,02 %	
M2 - 0°	4863,69 m <sup>2</sup>	6,96 %	
M3 - 0°	9655,26 m <sup>2</sup>	13,82 %	
M4 - 15°	3501,13 m <sup>2</sup>	5,01 %	
M5 - 15-30°	3014,72 m <sup>2</sup>	4,32 %	
M6 - 30-45°	9860,93 m <sup>2</sup>	14,12 %	
M7 - 0-15°	1662,34 m <sup>2</sup>	2,38 %	
Gesamtfläche	43751,0977 m <sup>2</sup>	62,64 %	

Abb.195: berücksichtigte Dachflächen in Begrünungskonzept 5

K5 - Begrünung nach technischen Möglichkeiten				
Bezeichnung	Wasserrückhalt		CO <sub>2</sub> -Bindung	
	Maßnahme	Menge	Menge	kg
M1 (Variante 3)		3684377,13 l		14404,63 kg
M2		1745001,99 l		1522,33 kg
M3		3464128,67 l		3022,10 kg
M4		1027752,34 l		1095,85 kg
M5		107927,05 l		943,61 kg
M6		295827,88 l		3086,47 kg
M7		- l		3657,16 kg
Gesamt		10325015,1 l		27732,1534 kg

Abb.196: Potentialberechnung von Begrünungskonzept 5



- Maßnahme 1
- Maßnahme 2
- Maßnahme 3
- Maßnahme 4
- Maßnahme 5
- Maßnahme 6
- Maßnahme 7
- Bestandsdächer

Abb.197: mögliche Gründächer nach technischen Möglichkeiten, nach Maßnahmen, im Analysegebiet

**Konzept 6**  
**Klimadach**

Bei dem Begrünungskonzept 6 handelt es sich wie bei Begrünungskonzept 4 um ein speziell ausgerichtetes Konzept. Im Gegensatz zu Konzept 4, welches auf Wasserretention ausgerichtet ist, ist Konzept 6 auf CO<sub>2</sub>-Bindung ausgerichtet. Wie in den Analysen im Kapitel zuvor ersichtlich, steigt bei einer höheren CO<sub>2</sub>-Bindung auch die Bindung von anderen Schadstoffen und Feinstaub.

Wie auch in den Konzepten 4 und 5, werden auch in Konzept 6 alle Flächen begrünt, welche nach heutigem Stand der Technik begrünbar sind.

Bei den Flachdächern der Maßnahme M1, Aufstockung, kommt eine intensive Begrünung zum Einsatz. Jene Begrünung mit dem größten Potential zur Bindung von CO<sub>2</sub>. Gleich wie in den vorherigen Maßnahmen wird auch M7, die Kleinstflächen, mit Moosmatten begrünt. Diese ist ebenso sehr effektiv. Anders als in den vorherigen Maßnahmen wird allerdings für die restlichen Begrünungsmaßnahmen eine andere Begrünungsart gewählt. Im Gegensatz zu einer klassischen extensiven Begrünung mit Sedum, Kräutern oder Gräsern wird in diesem Fall auch ein Moosanteil von 50% zur extensiven Begrünung beigemischt. Auch in Realität wird diese Begrünung immer häufiger gewählt.

**Potential**

Die Begrünung mit Moos-Sedum und Kräuter im Verhältnis 50 zu 50 weist ein Potential für CO<sub>2</sub>-Bindung von 1,2565kg/m<sup>2</sup> auf. Im Unterschied zur klassischen Extensivbegrünung mit 0,313kg/m<sup>2</sup>, welche bislang zur Potentialberechnung herangezogen wurde, weist die neue Begrünungsart in Kombination mit Moos mit 2,2kg/m<sup>2</sup> eine enorme Verbesserung auf. Diese Begrünung wird für alle Dachflächen bis 15° Neigung eingesetzt. Ausgenommen sind die Flachdächer aus der Maßnahme Aufstockung welche intensiv begrünt werden. Alle Dachflächen die über 15° geneigt sind werden mit einer Moosbegrünung versehen.

Durch das Konzept 6 entsteht ein möglicher Wasserrückhalt von 10 325.015,10 Liter. Dies entspricht 12,73% des durchschnittlichen Niederschlags im gesamten Analysegebiet. Die jährliche CO<sub>2</sub>-Bindung beläuft sich auf 74.662,81kg der vorgesehenen Gründächer. Für die selbe CO<sub>2</sub>-Bindung durch Waldflächen, müssen umgerechnet 54.103,49m<sup>2</sup> Wald angelegt werden, dies entspricht 43,51% des Analysegebiet. Vergleicht man die mögliche CO<sub>2</sub>-Bindung mit einem Ausstoß pro Person, wird der Ausstoß von 8,651 Personen gebunden. Verglichen mit den Konzept 4 und 5 ist die CO<sub>2</sub>-Bindung der Dachbegrünungen enorm. Dadurch dass der Schichtaufbau im Vergleich zu Konzept 5 nicht geändert wird, bleibt auch die Wasserretention ident. Im Gegensatz zu den Retentionsdächern aus Konzept 4 sinkt dies allerdings.

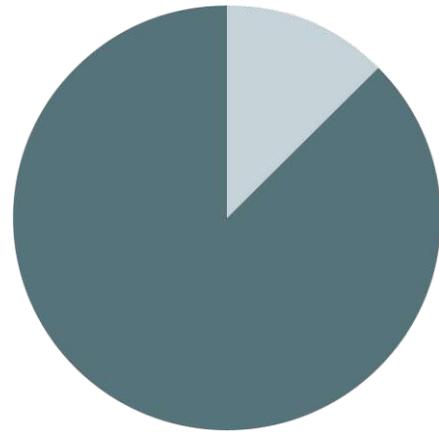


Abb.198: Rückhalt des jährlichen Niederschlag im Analysegebiet durch die Dachbegrünung, nach Konzept 6

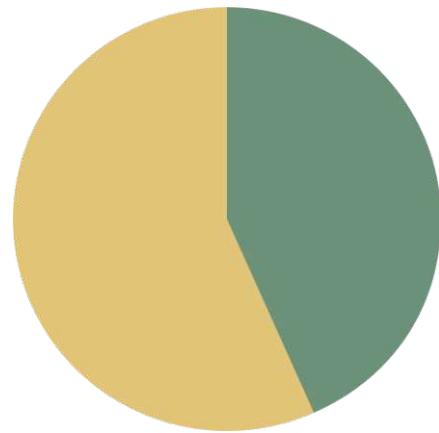


Abb.199: nötige Waldfläche im Analysegebiet um die CO<sub>2</sub>-Bindung der Dachflächen zu generieren, nach Konzept 6

**Potentialvergleich:**

Wasserrückhalt:	12,73 %
nötige Waldfläche:	54.103,49 m <sup>2</sup>
nötiger Anteil von Waldfläche im Analysegebiet:	43,51 %
CO <sub>2</sub> -Bindung im Verhältnis zum Ausstoß/Person:	8,651 Pers.

K6 - Dachflächen			
Bezeichnung	Dachfläche		
Dachfläche Gesamt	69848,4 m <sup>2</sup>		100 %
M1 - 0°-45°	11193,03 m <sup>2</sup>		16,02 %
M2 - 0°	4863,69 m <sup>2</sup>		6,96 %
M3 - 0°	9655,26 m <sup>2</sup>		13,82 %
M4 - 15°	3501,13 m <sup>2</sup>		5,01 %
M5 - 15-30°	3014,72 m <sup>2</sup>		4,32 %
M6 - 30-45°	9860,93 m <sup>2</sup>		14,12 %
M7 - 0-15°	1662,34 m <sup>2</sup>		2,38 %
Gesamtfläche	43751,0977 m <sup>2</sup>		62,64 %

Abb.200: berücksichtigte Dachflächen in Begrünungskonzept 6

K6 - Klimadach				
Bezeichnung	Wasserrückhalt		CO <sub>2</sub> -Bindung	
Maßnahme	Menge	l	Menge	kg
M1 (Variante 3)	3684377,13	l	20036,99	kg
M2	1745001,99	l	6111,23	kg
M3	3464128,67	l	12131,83	kg
M4	1027752,34	l	4399,17	kg
M5	107927,05	l	6632,39	kg
M6	295827,88	l	21694,04	kg
M7	-	l	3657,16	kg
Gesamt	10325015,10	l	74662,81	kg

Abb.201: Potentialberechnung von Begrünungskonzept 6

## 5.0

## FAZIT

Mit der vorliegenden Arbeit wurden die Potentiale von Gründächern in innerstädtischen Gebieten genauer untersucht.

Während der Ermittlung der Potentialflächen konnte festgestellt werden, dass eine Vielzahl an begrünbaren Dachflächen vorhanden ist.

Bereits bei möglichen Nachverdichtungen im Untersuchungsgebiet, welche durch den Bebauungsplan noch möglich wären, ist ein Sechstel der Dachflächen begrünbar. Rund ein Zwölftel der Dachflächen wären, rein durch den Tausch der Deckschicht des Daches, begrünbar. Dies kann beispielsweise durch das Entfernen einer Kiesdeckung und dem Anbringen einer extensiven Dachbegrünung gelingen. Die Begrünungen würden aufgrund des ähnlichen Gewichtes von Kiesaufbau und jenem der extensiven Dachbegrünung auch keine statischen Eingriffe erfordern. Ein weiterer einfach zu begrünender Anteil an Dachflächen wären die Flachdächer. Der Anteil dieser liegt im Analysegebiet bei rund fünfzehn Prozent. Statische Maßnahmen wären auch hier zum größten Teil nicht erforderlich.

Rund vierzig Prozent aller Dachflächen im Analysegebiet wären somit einfach begrünbar!

Auch viele der anderen Dachflächen wären begrünbar, allerdings wäre dies mit einem höheren Aufwand verbunden. Vor allem die Adaptierung von Schrägdächern ist mit statischen Eingriffen verbunden, aber auch Sicherungsmaßnahmen der Begrünung selbst und des Substrates wären notwendig. Lediglich bei einem Drittel der Dachflächen wäre keine Begrünung möglich. Dies verhindern unter anderem Dachneigungen von über  $45^\circ$ , oder Schutzzonen in welchen die Dachflächen liegen.

Ähnliche Potentialflächen ergeben sich auch im gesamten innerstädtischen Gebiet der Stadt Wien. Wie im Kapitel Gründachpotential Wien erläutert. Noch mehr begrünbare Dachflächen ergeben sich in Neubaugebieten aufgrund der geringeren Dachneigungen.

Durch die weitere Recherche der Dachflächen im Analysegebiet und die Einteilung in Ausbaukonzepte, konnten aufschlussreiche Berechnungen durchgeführt werden. Diese Potentialberechnungen für  $\text{CO}_2$ -Bindung und Wasserrückhalt der Dachflächen zeigen, dass sowohl die  $\text{CO}_2$ -Bindung als auch der Wasserrückhalt einen positiven Effekt auf das Stadtviertel haben können.

Vergleicht man den jährlichen  $\text{CO}_2$ -Ausstoß und die  $\text{CO}_2$ -Bindung der Gründachkonzepte miteinander, erscheint es so, als wäre die mögliche  $\text{CO}_2$ -Bindung nahezu irrelevant. Wird allerdings die mögliche  $\text{CO}_2$ -Bindung der Dachbegrünungen, mit den dafür notwendigen Waldflächen für die selbe  $\text{CO}_2$ -Bindung in Verhältnis gesetzt, erscheint diese in einem ganz anderen Licht.

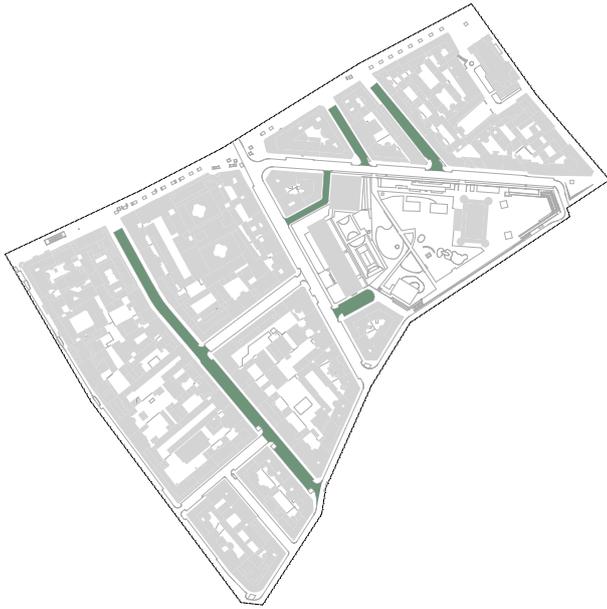


Abb.202: notwendige Waldfläche um die Dachbegrünung aus Konzept 1 zu ersetzen

Setzt man die CO<sub>2</sub>-Bindung aus Konzept 1, der Nachverdichtung, der notwendigen Waldfläche gegenüber, zeigt sich, dass 4.477,79m<sup>2</sup> bewaldet sein müssten um das selbe CO<sub>2</sub> zu binden.

In Abbildung 199 ist ersichtlich, dass um die nötige Fläche zu erreichen, einige Straßen bewaldet werden müssten. Unter anderem die gesamte Esterházygasse im Analysegebiet. Umgerechnet müssten 3,60% des Analysegebietes als Ersatzflächen bewaldet werden.

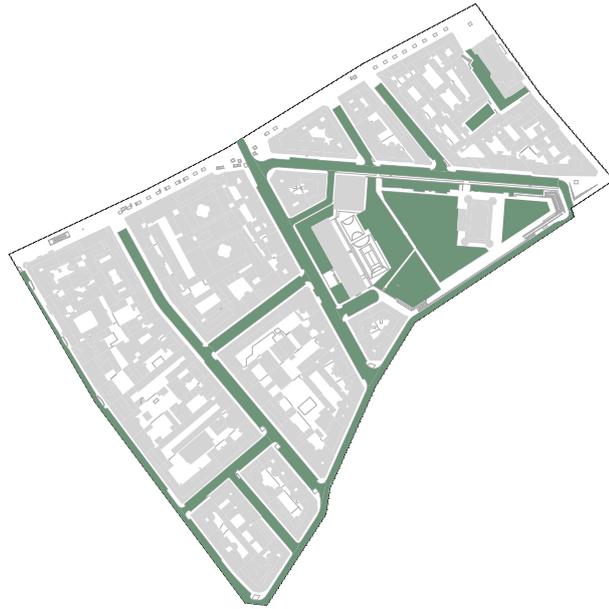


Abb.203: notwendige Waldfläche um die Dachbegrünung aus Konzept 5 zu ersetzen

Betrachtet man Konzept 5 und die dafür nötige Ersatzfläche wird das nötige Ausmaß ersichtlich, dargestellt in Abbildung 200.

20.095,76m<sup>2</sup> oder 16,16% des gesamten Analysegebietes müssten bewaldet werden um die vorgesehenen Dachbegrünungen zu ersetzen.

Bei dieser Fläche handelt es sich um den größten Teil der Straßen und öffentlichen Aufenthaltsflächen im Analysegebiet. Beispielsweise den Platz um das Haus des Meeres.

In Konzept 6, dem Klimadach, ist die notwendige Waldfläche nochmals mehr als doppelt so groß. 43,51% des Gebietes, beziehungsweise 54.103,49m<sup>2</sup> müssten begrünt werden. Die notwendige Waldfläche wäre damit annähernd gleich groß wie die insgesamt bebaute Fläche im Gebiet, welche sich auf 49,26% beläuft.

Da eine Waldfläche im innerstädtischen Bereich in diesem Ausmaß unmöglich ist, erscheinen Dachbegrünungen oder auch andere Gebäudebegrünungen als effiziente und auch sinnvollste Variante. Vor allem da die meisten Dachflächen ohnehin keine andere Nutzung aufweisen.

Vergleicht man allerdings das Verhältnis zwischen CO<sub>2</sub>-Bindung und den pro Kopf Ausstoß, zeigt sich ein ernüchternderes Bild. Selbst das Konzept Klimadach ist nur in der Lage den Ausstoß von 8,651 Personen zu kompensieren. Im Analysegebiet wohnten zum 1.1.2023 im Vergleich dazu 2.183 Personen.

Es ist somit, wie auch aus den öffentlichen Diskussionen zu entnehmen, unausweichlich die Emission von Treibhausgasen drastisch zu verringern und auch andere Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Bindung zu ergreifen.

Die Gebäudebegrünung, vor allem in dicht bebauten Gebieten, kann dabei eine wichtige Rolle spielen.

Nicht nur die Berechnungen der CO<sub>2</sub>-Bindung, sondern auch der Wasserrückhalt ergaben aufschlussreiche Ergebnisse. Auch wenn jene des Wasserrückhaltes der Dächer in Realität wohl um einiges höher ausfallen würde.

Aufgrund der spärlichen Studien zu Regenwasserbindung von begrünten Schrägdächern wurden diese in den Berechnungen lediglich mit der maximalen Speicherkapazität des Dachaufbaues angenommen. Die Realität wird diese Annahme allerdings um ein vielfaches übersteigen.

Trotz dieser geringen Annahme ist es möglich, in den verschiedenen Konzepten zwischen 8,73% und 16,73% der gesamten Niederschläge im Analysegebiet aufzufangen. Der Höchstwert von 16,73% entspricht über dreizehn Millionen Liter Niederschlag pro Jahr, oder 13.573,5m<sup>3</sup>.

Als weiterer positiver Einfluss wird der gespeicherte Niederschlag, während der Hitzeperioden wieder abgegeben und kühlt dadurch die Umgebung erheblich ab, wie im Kapitel „Die Vorteile des Gründaches“ ersichtlich.

Nicht nur für das Klima und die Stadtplanung ergeben sich dadurch Vorteile, auch Gebäudeeigentümer und Mieter profitieren durch den Wasserrückhalt der Gründächer.

Für die Einleitung von Abwässern in das öffentliche Kanalnetz ist eine Abwassergebühr fällig. Diese beträgt seit 1.1.2023, 2,35€ pro Kubikmeter.<sup>75</sup>

Berechnet man das Einsparungspotential, beträgt dies bei über 13.573,5m<sup>3</sup> etwa 31.900€.

Für die Umwelt ergeben sich durch die Ausführung von Gründächern natürlich auch weitere Vorteile, welche in dieser Arbeit nicht genauer ausgeführt wurden.

Durch Dachbegrünungen kann eine unversiegelte Fläche zwar nicht eins zu eins ersetzt werden, aber es kann auch durch Dachbegrünungen Lebensraum beispielsweise für Insekten geschaffen werden. Dadurch ergeben sich auch schon durch extensive Begrünungen, oder Begrünungen mit Moosen positive ökologische Effekte.

Durch weitere Studien und Untersuchungen sind die positiven Eigenschaften der unterschiedlichen Typen der Dachbegrünungen weiter zu definieren, um weitere Grundlagen für die Planung zu bieten und die Ergebnisse einarbeiten zu können. Vor allem wären Fallstudien in Wien, beziehungsweise in der näheren Umgebung wünschenswert. Diese würden sowohl in Sachen CO<sub>2</sub>-Bindung typischer Pflanzengattungen, als auch im Bezug auf den Wasserrückhalt spezifischer Dachaufbauten wertvolle Aufschlüsse bieten, auch für die Stadtplanung. Hier könnte weiter an Planungsleitfäden zur Bekämpfung von Hitzeinseln, oder auch zur Unterbindung von Überschwemmungen gearbeitet werden.

Ebenso muss an der praktischen Umsetzung gearbeitet werden. Die notwendigen Flächen zur Begrünung der Dächer sind vorhanden. Genutzt werden sie bislang allerdings kaum, vor allem in Bestandsgebieten.

Die Stadt Wien könnte durch einzelne Maßnahmen, oder einer Änderung der Richtlinien gegensteuern. Beispielsweise könnte eine Verpflichtung im Bebauung, auch in Bestandsgebieten, zur Errichtung von Gründächern vorgesehen werden. Auch eine Verpflichtung in der Bauordnung wäre eine Möglichkeit, etwa zur Verpflichtung zur Gestaltung von Gründächern bei Dachneigungen bis fünfzehn Grad. Auch weitere einzelne Maßnahmen könnten positive Einflüsse erzielen.

Sowohl in der Forschung, als auch in der Praxis besteht somit noch viel Aufholbedarf.

Diese Arbeit soll dazu anregen, Dachflächen in innerstädtischen Gebieten, aber auch in den Randgebieten der Stadt genauer zu betrachten. Die unterschiedlichen Möglichkeiten der Begrünung aufzeigen, ihre Potentiale zu erkennen und diese als Chance hin zu einer klimabewussten Stadtplanung anzusehen.

## 6.0

# VERZEICHNISSE

Literatur

Bau- und Verkehrsdepartement des Kantons Basel-Stadt, 2020

Bau- und Verkehrsdepartement des Kantons Basel-Stadt, Flachdachbegrünung, Basel, 2020, 4

Boku, 2021

Universität für Bodenkultur: Leitfaden Dachbegrünung, Wien, 2021, 16

Brenner/Schmid, 2014

Brenner Neil, Schmid Christian: Urban Worlds - The 'Urban Age' in Question, in: International Journal of Urban and Regional Research, 2014, 5

Bundesamt für Naturschutz, 2017

Kühnau Christina, Böhm Jutta, Reinke Markus, Böhme Christa, Bunzel Arno: Doppelte Innenentwicklung - Perspektiven für das urbane Grün, Empfehlungen für Kommunen, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf - Institut für Ökologie und Landschaft, Deutsches Institut für Urbanistik GmbH, Bonn, 2017, 7

Bundesministerium Klimaschutz, 2020

Bundesministerium Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie: Berichte aus Energie- und Umweltforschung-GREEN MARKET REPORT Bauwerksbegrünung in Österreich Zahlen-Daten-Märkte, Wien, 2020

Bundesverband GebäudeGrün e.V., 2022

Bundesverband GebäudeGrün e.V.: BuGG-Positionspapier „Gebäudebegrünung als Klimafolgenanpassungsmaßnahme“, Berlin, 2022, 28

Bundesverband GebäudeGrün e.V., 2022a

Bundesverband GebäudeGrün e.V.: Grüne Innovation-Dachbegrünung, Berlin, 2022

Frahm, 2009

Frahm Jahn-Peter: Schadstoffminderung auf dem Dach mit Moosen, in: Tagungsband, 7. Internationales FBB Gründachsymposium 2009, Ditzingen 2009

Getter/Rowe/Andersen, 2007

Getter Kristin I., Rowe D. Bradley, Andersen Jeffrey A.: Quantifying the effect of slope on extensive green roof stormwater retention, Michigan, 2007

grün statt grau, 2021

GRÜNSTATTGRAU: GRÜNSTATTGRAU-Fachinformation „Positive Wirkung von Gebäudebegrünungen (Dach-Fassaden- und Innenraumbegrünung)“, Wien und Berlin, 2021

Heusinger/Weber, 2017

Heusinger Jannik und Weber Stephan: Mikrometeorologische Quantifizierung der Energiebilanz, der Verdunstung und des CO<sub>2</sub>-Austausches eines extensiven Gründaches, in: Jahrbuch Bauwerksbegrünung 2017, Berlin, 2017

Hiebl/Orlik/Höfler, 2021

Hiebl J., Orlik A., Höfler A.: Klimarückblick Wien 2020, Wien, 2021, 4

Hoffert/Lumasegger, 2010

Hoffert Hannes, Lumasegger Mario: Grünraumanalyse Wien-Dachbegrünung, Wien, 2010

Humboldt-Universität zu Berlin, 2012

Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin: CO<sub>2</sub>-Bindungsvermögen der für die Bauwerksbegrünung typischen Pflanzen, Berlin, 2012, 11 f

Köhler, 2014

Köhler Manfred: Untersuchung zur Biodiversität begrünter Dächer, in: Tagungsband-12. Internationales FBB-Gründachsymposium-Vortragsreihe zu aktuellen Themen der Dachbegrünung, Ditzingen, 2014

Land Oberösterreich 2022,

Abteilung Land- und Forstwirtschaft, Amt der Oö. Landesregierung: Oberösterreichischer Bodeninformationsbericht 2020, Linz, 2020, 44

MA 18, 2014

MA 18, STEP 2025 - Stadtentwicklungsplan Wien, Wien, 2014

MA 23, 2018

MA 23, Stadt Wien: Wien in Zahlen - Kleinräumige Bevölkerungsprognose Wien 2018, In: Statistik Journal Wien 1/2018, Wien

Minke, 2010

Minke Gernot: Dächer begrünen, einfach und wirkungsvoll, Staufen bei Freiburg, 2010, 8 f

Murphy/Morgan/Celik/Retzlaff, 2018

Murphy Daniel, Morgan Susan M., Celik Serdar, Retzlaff Bill: Evaluation of a Residential Green Roof System for Stormwater Runoff Retention; Edwarsville; 2018

ÖGNI GmbH, 2021

ÖGNI GmbH, Linde Verlag: Bestandsgebäude-Chancen und Herausforderungen der Zukunft, 1. Auflage, Wien, 2021

- ÖNORM L1131, 2010  
 ÖNORM L1131 Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken von  
 Austrian Standards Institute: ÖNORM L1131 Gartengestaltung und Landschaftsbau-Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken, Wien, 2010
- Rizwan/McDonald/Postyko, 2014  
 Rizwan Nawaz, McDonald Angus, Postyko Sophia: Hydrological performance of a full-scale extensive green roof located in a temperate climate, Leeds, 2014
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 2010  
 Berlin Bauen - Senatsverwaltung für Stadtentwicklung: Konzepte der Regenwasserbewirtschaftung-Gebäudebegrünung-Gebäudekühlung, Leitfaden für Planung, Bau, Betrieb und Wartung, Berlin, 2010
- Stadt Wien, 2022a  
 MA 20: Energiebericht der Stadt Wien Berichtsjahr 2022, Wien, 2022, 212
- Stadtplanung Wien, 1992  
 MA 18 Stadtplanung Wien, Nr. 37-Stadtentwicklungsplan Urbanität, Wien, 1992, 7-9
- Stadtteilplanung und Flächenwidmung, 2022  
 Stadtteilplanung und Flächenwidmung, Stadt Wien: Flächenverbrauch in Wien im Vergleich zu Gesamtösterreich, Wien, 2022, 1
- Umweltbundesamt, 2021  
 Andreas Zechmeister, Umweltbundesamt: Klimaschutzbericht 2021, Wien, 2021, 20/25/26
- United Nations, 2019  
 Department of Economic and Social Affairs, United Nations: World Urbanization Prospects 2018: Highlights, New York, 2019, 6-16
- United Nations, 2019a  
 Department of Economic and Social Affairs, United Nations: World Urbanization Prospects 2018, New York, 2019, xix
- Universitat Politecnica de Valencia, 2018  
 Instituto Universitario de Investigacion de Ingenieria del Agua y Medio Ambiente, Universitat Politecnica de Valencia: Hydrological Performance of Green Roofs at Building an City Scales under Mediterranean Conditions; Valencia, 2018
- Vali, 2011  
 Vali Nima: Analyse des Dachbegrünungspotentials Wien, Auftraggeber: MA22, Bereich Räumliche Entwicklung, 2011, Wien
- Wagenleitner, 2022  
 Wagenleitner Viktoria: Mehr Grün im Siedlungsraum-Entsiegelungsprogramm für das Kremstal, Wien, 2022, 21
- Wiener Umweltschutzabteilung, 2015  
 Wiener Umweltschutzabteilung, MA 22: Urban Heat Island-Strategieplan Wien, Wien, 2015, 7 f
- Wiener Umweltschutzabteilung, 2021  
 Wiener Umweltschutzabteilung, MA 22: Leitfaden Dachbegrünung, Wien, 2021, 63
- Wittpahl, 2020  
 Wittpahl Volker: Klima-Politik & Green Deal-Technologie & Digitalisierung-Gesellschaft & Wirtschaft, Berlin 2020
- WWF, 2021  
 WWF: WWF-Bodenreport 2021: Die Verbauung Österreichs-Ursachen, Probleme und Lösungen einer wachsenden Umweltkrise, Wien, 2021, 4/12
- MA 21, 2018  
 MA 21, Masterplan Gründerzeit, Wien, 2018, 9 f

Internet

Amtshelfer Wien, 2023

Dachbegrünung-Förderungsantrag

<https://www.wien.gv.at/amtshelfer/umwelt/umweltschutz/naturschutz/dachbegruenung.html>  
(abgefragt: 28.2.2023)

Bauern Zeitung, 2019

Täglich verlieren wir Boden: Österreich ist trauriger Europameister

<https://bauernzeitung.at/taeglich-verlieren-wir-boden-oesterreich-ist-trauriger-europameister/>  
(abgefragt: 15.10.2023)

Begrünungen Hunn, 2023

<https://begruenungen-hunn.ch/leistungen/dachbegruenungen/dachbegruenung-mit-moosmatten/>  
(abgefragt: 15.3.2023)

dach-begruenung.de, 2023

Die verschiedenen Arten der Dachbegrünung,  
<https://www.dach-begruenung.de/die-verschiedenen-arten-der-dachbegruenung>  
(abgefragt: 11.3.2023)

Deutsche Wetterdienst, 2022

Wetter- und Klimalexikon - Klima  
<https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html;jsessionid=D6671328E-A7AE9A7AB58E9F632A2FE29.liv31083?lv2=101334&lv3=101462>  
(abgefragt: 20.1.2022)

Deutsche Wetterdienst, 2022a

Wetter- und Klimalexikon - Stadtklima  
<https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=102248&lv3=102558>  
(abgefragt: 20.1.2022)

Deutsches Klimaportal, 2018

Stadtklima  
[https://www.deutschesklimaportal.de/DE/Themen/3\\_Stadtklima/A\\_Stadtklima\\_Standard.html](https://www.deutschesklimaportal.de/DE/Themen/3_Stadtklima/A_Stadtklima_Standard.html)  
(abgefragt: 29.12.2021)

European Data Journalism Network, 2022

Immer weniger fruchtbare Böden in Europa,  
<https://www.europeandatajournalism.eu/ger/Nachrichten/Daten-Nachrichten/Immer-weniger-fruchtbare-Boeden-in-Europa>  
(abgefragt: 5.10.2022)

Geohilfe, 2022

Urbanisierung-Definition und Merkmale,  
<https://geohilfe.de/humangeographie/stadtgeographie/laufende-prozesse/urbanisierung-definition-merkmale/>  
(abgefragt: 25.08.2022)

GeoSphere Austria, 2022

Klima,  
<https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima>  
(abgefragt: 20.1.2022)

Gesundheitsberichterstattung, 2010

Methodische Erläuterungen zur Erfassung und Bewertung von Indikatoren zur Fertilität,  
[https://www.gbe-bund.de/gbe/abrechnung.prc\\_abr\\_test\\_logon?p\\_uid=gast&p\\_aid=0&p\\_knoten=FID&p\\_sprache=D&p\\_suchstring=12693](https://www.gbe-bund.de/gbe/abrechnung.prc_abr_test_logon?p_uid=gast&p_aid=0&p_knoten=FID&p_sprache=D&p_suchstring=12693)  
(abgefragt: 01.10.2022)

grün statt grau, 2022

Leistungen von Begrünungen  
<https://gruenstattgrau.at/urban-greening/leistungen-von-begruenung/>  
(abgefragt: 28.12.2022)

Klimareporter, 2019a

Die Zerstörung des Bodens muss enden,  
<https://www.klimareporter.de/erdsystem/die-zerstoe-rung-des-bodens-muss-enden>  
(abgefragt: 5.10.2022)

Klimareporter, 2019b

Unterm Asphalt ist kein Leben,  
<https://www.klimareporter.de/landwirtschaft/unterm-asphalt-kein-leben>  
(abgefragt: 5.10.2022)

Optigrün, 2023

Referenzen-Objektsteckbriefe,  
<https://www.optigruen.de/referenzen/>  
(abgefragt: 11.2.2023)

ÖROK Atlas, 2015

Dauersiedlungsraum,  
<https://www.oerok-atlas.at/oerok/files/summaries/74.pdf>  
(abgefragt: 15.10.2022)

Österreichische Hagelversicherung, 2013

Neuer Bodenverbrauchsindex der Hagelversicherung: Österreich geht bald der Boden aus,  
<https://www.hagel.at/presseaussendungen/neuer-bodenverbrauchsindex-der-hagelversicherung-oesterreich-geht-bald-der-ackerboden-aus/>  
(abgefragt: 15.10.2023)

Österreichische Hagelversicherung, 2018

Österreichs Wohlstand leidet unter Umwelt und Bodenverbrauch  
<https://www.hagel.at/presseaussendungen/oesterreichs-wohlstand-leidet-unter-umwelt-und-bodenverbrauch/>  
(abgefragt: 15.10.2022)

- Plantika.at, 2022  
Ein begrüntes Dach  
<https://www.plantika.at/vorteile/>  
(abgefragt: 5.1.2023)
- Spektrum, 2021  
Stadtklima,  
<https://www.spektrum.de/lexikon/geographie/stadtklima/7543>  
(abgefragt: 29.12.2021)
- Spektrum.de, 2000  
Rhizon  
<https://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/rhizon/9867>  
(abgefragt: 6.8.2022)
- Spektrum.de, 2001  
Versinterung  
<https://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/versinterung/17579>  
(abgefragt: 6.8.2022)
- Stadt Wien - ZAMG, 2023  
Niederschläge April 2021 bis April 2023  
<https://www.wien.gv.at/statistik/lebensraum/tabellen/niederschlag.html>  
(abgefragt: 19.3.2023)
- Stadt Wien, 2014  
Stadtentwicklung  
<https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/strategien/step/step2025/kurzfassung/mobilisiert.html>  
(abgefragt: 03.09.2023)
- Stadt Wien, 2022  
Wiener Stadtklimaanalyse als Grundlage für Planungsprojekte  
<https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/grundlagen/stadtforschung/stadtklimaanalyse.html>  
(abgefragt: 22.10.2022)
- Stadt Wien, 2023  
Wind, Niederschlag und Schnee in Wien 1955 bis 2022  
<https://www.wien.gv.at/statistik/lebensraum/tabellen/wind-schnee-regen-zr.html>  
(abgefragt: 19.3.2023)
- Stadt Wien, 2023a  
Abwassergebühr-Meldung  
<https://www.wien.gv.at/amtshelfer/umwelt/wasser/wasseranschluss/abwassergebuehr.html>  
(abgefragt: 23.5.2023)
- Statistik Austria, 2022  
<https://www.statistik.at/statistiken/bevoelkerung-und-soziales/bevoelkerung/bevoelkerungsstand/bevoelkerung-zu-jahres-/quartalsanfang>  
(abgefragt: 20.3.2023)
- Transparenzportal Österreich, 2023  
Förderung der Dachbegrünung in Wien  
<https://transparenzportal.gv.at/tdb/tp/leistung/1028885.html>  
(abgefragt: 28.2.2023)
- Umweltbundesamt Deutschland, 2022  
Bodenversiegelung,  
<https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/boden/bodenversiegelung#was-ist-bodenversiegelung>  
(abgefragt: 5.10.2022)
- Umweltbundesamt, 2022  
Flächeninanspruchnahme,  
<https://www.umweltbundesamt.at/umwelthemen/boden/flaecheninanspruchnahme>  
(abgefragt: 25.08.2022)
- Umweltbundesamt, 2023  
Treibhausgase  
<https://www.umweltbundesamt.at/klima/treibhausgase>  
(abgefragt: 19.3.2023)
- Universität Hamburg, 2022  
Anstaubewässerung,  
<https://www.sign-lang.uni-hamburg.de/galex/konzepte/l19.html>  
(abgefragt: 28.7.2022)
- WBB, 2022  
Grünvolumenzahl GVZ  
<https://www.wbb-chemnitz.de/immobilien-definitioenen/gruenvolumenzahl-gvz/>  
(abgefragt: 21.8.2022)
- Wien Geschichte Wiki, 2020  
Gastarbeiter,  
<https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/Gastarbeiter>  
(abgefragt: 02.10.2022)
- Zielgebiete Stadtentwicklung, 2019  
Stadtentwicklung  
<https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/projekte/pdf/20190515-gesamtkarte-zielgebiete.pdf>  
(abgefragt: 03.09.2023)
- Zukunftsinstitut, 2022  
Megatrend Urbanisierung,  
<https://www.zukunftsinstitut.de/dossier/megatrend-urbanisierung/>  
(abgefragt: 25.08.2022)

Abbildungen

Abbildung 1 bis 6:

World Urbanization Prospects, 2018  
Department of Economic and Social Affairs, United Nations: World Urbanization Prospects 2018, New York, 2019

Abbildung 7 bis 14

Bevölkerungsprognose Wien, 2018  
MA 23, Stadt Wien: Wien in Zahlen - Kleinräumige Bevölkerungsprognose Wien 2018, In: Statistik Journal Wien 1/2018, Wien, 2018

Abbildung 15 und 16

Masterplan Gründerzeit, 2018  
MA 21, Stadt Wien: Masterplan Gründerzeit, Wien, 2018

Abbildung 17 bis 19

<https://www.europeandatajournalism.eu/ger/Nachrichten/Daten-Nachrichten/Immer-weniger-fruchtbare-Boeden-in-Europa>  
(abgefragt am: 5.10.2022)

Abbildung 20

<https://www.hagel.at/presseaussendungen/neuer-bodenverbrauchsindex-der-hagelversicherung-oesterreich-geht-bald-der-ackerboden-aus/>  
(abgefragt am: 14.10.2022)

Abbildung 21

<https://bauernzeitung.at/taeglich-verlieren-wir-boden-oesterreich-ist-trauriger-europameister/>  
(abgefragt am: 14.10.2022)

Abbildung 22

<https://www.hagel.at/presseaussendungen/oesterreichs-wohlstand-leidet-unter-umwelt-und-bodenverbrauch/>  
(abgefragt am: 14.10.2022)

Abbildung 23 bis 32

eigene Abbildung

Abbildung 33

<https://slideplayer.orf/slide/861482/>  
(abgefragt am: 20.1.2022)

Abbildung 34

<https://www.wetter.at/wetter/oesterreich-wetter/hitze-karte-das-sind-die-heissesten-bezirke-wiens/519558133>  
(abgefragt am: 14.5.2023)

Abbildung 35 und 36

Urban Heat Island Strategieplan Wien, 2015  
Wiener Umweltschutzabteilung, MA 22: Urban Heat Island-Strategieplan Wien, Wien, 2015

Abbildung 37

Umweltbundesamt, 2021  
Andreas Zechmeister, Umweltbundesamt: Klimaschutzbericht 2021, Wien, 2021

Abbildung 38

Klimarückblick Wien 2020, 2021  
Hiebl J., Orlik A., Höfler A.: Klimarückblick Wien 2020, Wien, 2021

Abbildung 39 bis 46

ÖNORM L1131, 2010  
ÖNORM L1131 Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken  
Austrian Standards Institute: ÖNORM L1131 Gartengestaltung und Landschaftsbau-Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken, Wien, 2010

Abbildung 47 bis 49

Hoffert und Lumasegger, 2010  
Hoffert Hannes, Lumasegger Mario: Grünraumanalyse Wien-Dachbegrünung, Wien, 2010

Abbildung 50 bis 56

eigene Abbildung

Abbildung 57

Bundestministerium Klimaschutz, 2020  
Bundesministerium Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie: Berichte aus Energie- und Umweltforschung-GREEN MARKET REPORT Bauwerksbegrünung in Österreich Zahlen-Daten-Märkte, Wien, 2020

Abbildung 58, 59, 61 bis 66

Vali, 2011  
Vali Nima: Analyse des Dachbegrünungspotentials Wien, Auftraggeber: MA22, Bereich Räumliche Entwicklung, 2011, Wien

Abbildung 60, 67 bis 72

eigene Abbildung

Abbildung 73

<https://www.wien.gv.at/flaechenwidmung/public/>  
(abgefragt am: 27.2.2023)

Abbildung 74 und 83

<https://www.climate-service-center.de/imperia/md/content/csc/report30.pdf,S.11>  
(abgefragt am: 27.2.2023)

Abbildung 75 und 76

<https://gruenstattgrau.at/urban-greening/leistungen-von-begrueung/>  
(abgefragt am: 1.3.2023)

Abbildung 77 und 78

eigene Abbildung

Abbildung 79 und 80

<https://www.mehrgruenamhaus.de/mehrgruen-kuehlen-durch-begruenung>  
(abgefragt am: 22.4.2023)

Abbildung 81 und 82

<https://gruenstattgrau.at/urban-greening/leistungen-von-begruenung/>  
(abgefragt am: 22.4.2023)

Abbildung 84

Umweltbundesamt, 2021  
Andreas Zechmeister, Umweltbundesamt: Klimaschutzbericht 2021, Wien, 2021, S.127

Abbildung 85 bis 98, 100

eigene Abbildung

Abbildung 99

<https://www.optigruen.de/systemloesungen/solar-gruendach/solar-fkd>  
(abgefragt am: 15.3.2023)

Abbildung 101

<https://www.optigruen.de/referenzen/spardach/shopping-center-overtuinen-zuidhorn/>  
(abgefragt am: 1.5.2023)

Abbildung 102

<https://www.zinco.de/referenz/neubau-comturey-in-sel-mainau>  
(abgefragt am: 1.5.2023)

Abbildung 103

<https://www.ni-ra.de/produkte/dachbegruenung/systemloesungen/sedum-moos-dach-40>  
(abgefragt am: 1.5.2023)

Abbildung 104, 111

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wien\\_Bezirke.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wien_Bezirke.svg)  
(abgefragt am: 24.4.2023)

Abbildung 105, 107,

Bevölkerungsprognose Wien, 2018  
MA 23, Stadt Wien: Wien in Zahlen - Kleinräumige Bevölkerungsprognose Wien 2018, In: Statistik Journal Wien 1/2018, Wien

Abbildung 106, 108,

<https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/grundlagen/stadtforschung/pdf/stadtklimaanalyse-karte.pdf>  
(abgefragt am: 23.5.2023)

Abbildung 109, 110, 103

<https://www.wien.gv.at/ma41datenviewer/public/>  
Grafik abgeändert  
(abgefragt am: 5.4.2022)

Abbildung 112

<https://www.statistik.at/atlas/>  
(abgefragt am: 5.4.2022)

Abbildung 114 bis 162

eigene Abbildung

Abbildung 163

<https://www.wien.gv.at/statistik/lebensraum/tabel-len/niederschlag.html>  
(abgefragt am: 19.3.2023)

Abbildung 164

<https://www.umweltbundesamt.at/klima/treibhaus-gase>  
(abgefragt am: 19.3.2023)

Abbildung 165 bis 167

eigene Abbildung

Abbildung 168

Stadt Wien, 2022a  
MA 20: Energiebericht der Stadt Wien Berichtssjahr 2022, Wien, 2022, S.212

Abbildung 169 bis 203

eigene Abbildung