

# Bodenfunktionsbewertung bei unterschiedlichen Fundamentarten im Wiener Hochbau

Eine Studie im Auftrag der Wiener Umwelthanwaltschaft

2. Jänner 2025



Autoren:

**Dipl.-Ing. Dr. Olivier Duboc**

Institut für Bodenforschung, Universität für Bodenkultur, Konrad-Lorenz-Straße 24, 3430 Tulln.

[olivier.duboc@boku.ac.at](mailto:olivier.duboc@boku.ac.at)

**Dipl.-Ing. Dr. Hans-Peter Haslmayr**

Innbachstraße 28, 4072 Alkoven

[hahape@gmx.at](mailto:hahape@gmx.at)

**Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Alfred Strauss**

Institut für Konstruktiver Ingenieurbau (IKI), Universität für Bodenkultur, Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Wien.

[alfred.strauss@boku.ac.at](mailto:alfred.strauss@boku.ac.at)

# Inhaltverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>2</b>
<b>1. Einleitung</b> .....	<b>3</b>
1.1. Zwischen Klimawandel und Infrastrukturbedarf - die Rolle der Böden in der Stadt .....	3
1.2. Was ist Boden? Bodenansprache aus bodenkundlicher und bauwirtschaftlicher Sicht .....	4
1.3. Bodenfunktionen: Definitionen, Bewertungsmethoden und relevante Funktionen für den urbanen Kontext.....	5
1.3.1. Lebensraum für Menschen: was ist damit gemeint? .....	7
1.3.2. Methoden zur Bodenfunktionsbewertung.....	8
1.4. Böden und Bodenversiegelung in Wien .....	9
1.5. Überblick über Fundamente .....	16
1.6. Bauvarianten und Bodenfunktionen (best-practice Beispiele).....	18
1.6.1. Bauvarianten zum Wohlfühlen: grün, offen, nicht-versiegelt .....	18
1.6.2. Bodenfunktionskombination statt Bodenfunktionsverdrängung .....	22
<b>2. Material und Methoden</b> .....	<b>25</b>
2.1. Szenarioauswahl zu Standort und Modellbodenform .....	25
2.2. Szenarienauswahl zu Fundament und Bauweise.....	25
2.2.1. Rechtliche Vorgaben im Rahmen der Bauordnung.....	25
2.2.2. Szenarien zu den Fundamenten.....	26
2.2.3. Dimensionen des Gebäudes .....	28
2.2.4. Weitere Designoption im Bezug auf Wasser.....	28
2.3. Allgemeine Voraussetzungen für die Bewertung.....	28
2.4. Bodenfunktionsbewertung.....	29
2.4.1. Hintergrund zur Bodenfunktionsauswahl und zu ihrer Bewertung.....	29
2.4.2. Funktionsbewertung nach publizierten Methoden .....	29
2.4.3. Bewertung der Lebensraumfunktion für Menschen (eigene Bewertung).....	31
<b>3. Ergebnisse</b> .....	<b>35</b>
3.1. Bewertung der Referenzfläche .....	35
3.2. Auswirkungen der Fundamentbeschaffenheit auf die Bodenfunktionen .....	36
<b>4. Diskussion</b> .....	<b>38</b>
4.1. Mut zur Lücke, zwischen getroffenen Annahmen und methodischen Grenzen.....	38
4.2. Berücksichtigung spezifischer Bedürfnisse und Potenziale für den urbanen bebauten Raum . .....	38
4.2.1. Das Potenzial, Bodenfunktionen im urbanen Raum zu kombinieren .....	38
4.2.2. Der Keller ist nicht der Killer.....	39
4.3. Verbindung mit Boden schaffen .....	40
4.4. Funktionsverdrängung und mögliche Nachteile einzelner Szenarien .....	40
4.5. Implikationen der Bodenfunktionsbewertung für die Stadtentwicklung .....	41
4.5.1. Lebensraumfunktion? Trägerfunktion? .....	41
4.5.2. Implikationen jenseits des Fundaments und des Gebäudes .....	41
4.5.3. Zusammenfassung: Richtigstellung im Kontext .....	41
<b>5. Schlussfolgerungen</b> .....	<b>43</b>
<b>6. Literaturverzeichnis</b> .....	<b>44</b>

## Zusammenfassung

Städte wie Wien stehen vor der doppelten Herausforderung von Bevölkerungszuwachs und Klimawandel, welche es erforderlich machen, neue, «smarte» Wege zu gehen. Der Boden - die Haut der Erde - erfüllt vielfältige Funktionen, nicht nur am Land etwa für die Lebensmittelerzeugung, sondern auch in der Stadt. Natürliche Funktionen wie Abflussregulierung (Wasserspeicher) und Fruchtbarkeit, aber auch anthropozentrisch gerichtete Funktionen wie die Grundlage für Infrastruktur machen den Boden zum allgegenwärtigen Lebensraum für Menschen, ob versiegelt oder nicht. Bei einem Gebäude ist der Boden in der Regel versiegelt, sodass nur die Lebensraumfunktion für Menschen als Träger für Infrastruktur zum Ausdruck kommt. Das Ziel dieser Konzeptstudie ist zu untersuchen, wie sich unterschiedliche Fundamentarten auf Bodenfunktionen im Wiener Hochbau auswirken.

Szenarien für Boden und Fundament wurden zunächst definiert. Ein Modellboden aus dem Marchfeld, repräsentativ für die 21. und 22. Wiener Bezirke, wurde gewählt, weil in diesen Bezirken die meisten Bauprojekte stattfinden. Für die Fundamente wurde eine 3x4-Matrix erstellt (12 Szenarien) mit 3 Spalten für den Fundamenttyp: entweder (A) bodenverbunden, (B) mit Punktfundament niedrig aufgeständert (50 cm) und (C) mit Punktfundament aufgeständert mit freier EG-Zone (4 m). Für diese drei Spalten wurde der Keller jeweils entweder (1) bis zur Oberfläche, (2) 50 cm unter der Oberfläche, oder (3) 1 m unter der Oberfläche gebaut, und in (4) wird auf den Keller verzichtet. Für diese Szenarien wurden Bodenfunktionen möglichst anhand von publizierten Methoden bewertet. Dies war möglich für die Lebensraumfunktion für Bodenorganismen, die natürliche Bodenfruchtbarkeit, die Abflussregulierung (Wasserspeicher), die Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaufunktion («Filterfunktion»), und die thermische Regulierungsfunktion. Weiters wurde mit einfachen, eigens entwickelten Bewertungskriterien die Funktion als Lebensraum für Menschen anhand von vier Teilfunktionen bewertet.

Die Ergebnisse zeigten, dass die Erhaltung der natürlichen Bodenfunktionen bei Szenarien B und C weitgehend möglich ist, solange eine freie, ausreichend tiefe Bodenschicht an der Oberfläche liegt. Da die publizierten Methoden nicht für den bestimmten Anwendungsfall entwickelt wurden, gelten diese Ergebnisse nur unter gewissen Voraussetzungen, insbesondere dass für ausreichend Beleuchtung gesorgt wird und dass das Niederschlagswasser zur Bewässerung der Fläche verwendet wird. Die Teilfunktionen der Hauptfunktion «Lebensraum für den Menschen» können sich nur zum Teil addieren: die Teilfunktion als Träger für Wohnraum und Büros ab Ebene 1 ist sowohl mit der Teilfunktion als Träger für Gewerbefläche im Erdgeschoss kompatibel, als auch mit der Funktion als Träger für täglich und kostenlos zugänglichen, naturnah gestalteten und witterungsgeschützten Freiraum (nur bei Szenarien C, freie EG-Zone möglich). Wobei die letzten zwei aufgrund von Flächenkonkurrenz untereinander nicht kompatibel sind. Eine vierte Teilfunktion, die Trägerfunktion für nicht witterungsgeschützten, natürlich gestalteten oder naturbelassenen Freiraum, ist charakteristisch für die Referenzfläche und wird von den anderen Teilfunktionen verdrängt, sobald die Fläche bebaut wird.

Diese positiv ausfallenden Ergebnisse dürfen jedoch nicht den breitgefächerten Impact von Urbanisierung auf Böden (andere nötige Infrastruktur wie Verkehrswege wurde in den Berechnungen nicht miteinbezogen) und auf die Umwelt allgemein in den Schatten drängen. Bodenorientiertes Gebäudedesign ist ein Werkzeug, um im Rahmen einer flächen- bzw. bodensparsamen Entwicklung die Stadt klimafitter und lebenswerter zu machen

# 1. Einleitung

## 1.1. Zwischen Klimawandel und Infrastrukturbedarf - die Rolle der Böden in der Stadt

Großstädte wie Wien stehen im Kontext des Klimawandels vor vielen Herausforderungen. Bei zunehmenden extremen Ereignissen wie Hitzewellen und starkem Regen werden Anpassungen im Rahmen der Stadtentwicklung erforderlich. Doch was hat das mit Boden zu tun? Böden und ihre vielfältigen Funktionen, besonders die Regulierung von Wasser und Temperatur, sowie als Lebensraum bzw. Träger für Vegetation, sind eine oft untergenutzte Ressource im städtischen Raum. Raumnutzungsarten wie Freizeits- bzw. Begenungszonen sind mit dem Ziel der Klimawandelanpassung vereinbar da dort vermehrt auf unversiegeltem Boden und auf Begrünung gesetzt werden kann. Demgegenüber steht der Druck, die knapp zur Verfügung stehende Fläche optimal für die Infrastruktur (Wohnen, Wirtschaft, Verkehr, etc.) zu nutzen.

Im Rahmen des (Hoch)bauwesens ist der Boden in der Regel versiegelt und kann somit keine seiner natürlichen Funktionen erfüllen. Bodenversiegelung entgegenzuwirken ist jedoch ein aktuelles Ziel, z.B. im Rahmen der internationalen und nationalen Bodenstrategien (European Commission, 2021; ÖROK, 2023) sowie der EU Soil Missions mit dem Ziel 3 “stop soil sealing and increase re-use of urban soils”. Zugleich erhöht in Wien der stetige Bevölkerungszuwachs seit Anfang des Jahrhunderts den Wohnraumbedarf (Bauer et al., 2023), was die Stadt vor zusätzlichen Herausforderungen stellt: diesen Räumlichkeitsbedarf zu decken und zugleich Umwelt und Klima zu schonen braucht Innovationen in der Stadtentwicklung. Jüngste Änderungen in der Bauordnung, insbesondere dass Niederschlagswasser auf der eigenen Liegenschaft versickern soll (Bauordnungsnovelle Wien 2023, § 99) stellen in diese Richtung eine gesetzliche Verankerung dar.

Mit dem Fokus auf die entstehenden Wechselwirkungen an der Schnittstelle zwischen dem Boden und der menschlichen Infrastruktur (Gebäude), wird hier versucht folgende Fragen zu beantworten:

- Wie wirken sich unterschiedliche Fundamentarten auf die Bodenfunktionen aus?
- Daraus abgeleitet: Inwiefern können Bodenfunktionen im urbanen bebauten Raum erhalten werden?

Mit dem Einsatz unterschiedlicher Fundamentarten (bis hin zu freier, unversiegelter EG-Zone) besteht das Potential, diese Herausforderungen zu meistern und zur Schaffung einer lebenswerten Stadt beizutragen. In dieser Studie werden die Auswirkungen unterschiedlicher Fundamente des für Wien typischen Geschoßbaus (z.B. Wohnungen oder Büros) auf die Bodenfunktionen untersucht. Es handelt sich um eine Konzeptstudie auf Basis ausgewählter Szenarien, die dazu dienen die Bandbreite der Auswirkungen zu zeigen.

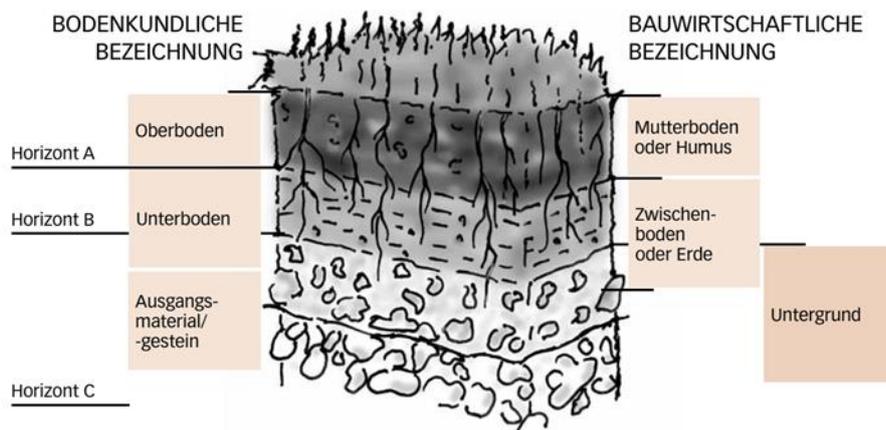
## 1.2. Was ist Boden? Bodenansprache aus bodenkundlicher und bauwirtschaftlicher Sicht

Der Boden ist der natürliche Körper, welcher von der Erdoberfläche bis zum Grundgestein bzw. zum unveränderten Ausgangsmaterial reicht: die Haut der Erde. Je nach Ausprägung und Auswirkung verschiedener bodenbildender Faktoren (Ausgangsmaterial, Klima, Topographie, Biologie und Zeit) entwickeln sich unterschiedliche Böden, welche auch kleinräumlich nebeneinander auftreten können und unterschiedlich ausgeprägte Funktionen aufweisen. Menschliche Aktivitäten können zwar unter dem Faktor Biologie eingeordnet werden, müssen jedoch besonders im Kontext einer solchen Studie gesondert betrachtet werden, weil diese im extremen Fall zu breitflächiger Bodenzerstörung führen können.

Da die vorliegende Studie interdisziplinär angelegt ist, wird sich die Bezeichnung der Horizonte teils nach der bodenkundlichen (BK), teils nach der bauwirtschaftlichen (BW) Branche orientieren (Abbildung 1). Als *Oberboden* oder *Horizont A* (BK), bzw. *Mutterboden* oder *Humus* (BW) sind die ersten cm bis m unter der Oberfläche gemeint. Es ist die wichtigste, und gleichzeitig verletzlichste Bodenschicht. Dort konzentriert sich das Bodenleben, die meisten Nährstoffe sowie der Kohlenstoff der organischen Substanz (Humus). Bei einem Bauvorhaben gilt es, diese Schicht möglichst getrennt von den anderen Schichten auszuheben und zwischenzulagern, um eine weitere Nutzung zu ermöglichen.

Der *Untergrund* (BW) welcher meist der unveränderte *Ausgangsmaterial* (BK) für die Bodenbildung darstellt ist eine von der Bodenbildung nicht betroffene Schicht. Wenn tiefer gegraben wird, werden je nach Lage unterschiedliche geologische Schichten im Untergrund angetroffen, welche mit dem weiter oben zu findenden Ausgangsmaterial (BK) nichts mehr Gemeinsames haben. Diese können aus Sicht der BW jedoch für die Gründung der Gebäude von Bedeutung sein, da sie unter Umständen bessere Eigenschaften als tragende Schicht aufweisen.

Dazwischen liegt der *Unterboden* (BK) bzw. *Zwischenboden* oder *Erde* (BW), eine Schicht von mehr oder weniger stark verwittertem Ausgangsmaterial wie z.B. der in der BK bezeichnete *B-Horizont*.



**Abbildung 1: Bodenprofil mit bodenkundlichen und bauwirtschaftlichen Bezeichnungen der Bodenhorizonte (BMLFUW, 2012)**

### 1.3. Bodenfunktionen: Definitionen, Bewertungsmethoden und relevante Funktionen für den urbanen Kontext

Böden erfüllen vielfältige Funktionen (Abbildung 2, 3, und 4) und sind für das Leben auf der Erde unverzichtbar. In der Literatur werden Bodenfunktionen oft in einem breiteren Kontext eingebettet: diverse, messbare Bodeneigenschaften bilden die Grundlage für die Bodenfunktionen und ihrer Bewertung, welche selbst Grundlage für Ökosystemleistungen (auch «bodenbürtiger Dienstleistungen» (BMLFUW, 2013)) und letztendlich für menschliches Wohlergehen sind (Abbildung 4).

Hier verdeutlichen der Begriff «Leistungen» sowie der Fokus auf menschliches Wohlergehen die anthropozentrische Ausrichtung des Ansatzes. Damit einhergehend werden nicht nur natürliche Ökosystemfunktionen wie Stoffflussregulierung (Wasser bzw. Nährstoffe), Lebensraum für Biodiversität oder Produktion von Biomasse berücksichtigt, sondern auch Funktionen, welche direkt und ausschließlich mit menschlichen Aktivitäten im Zusammenhang stehen. Diese finden sich vor allem unter «Plattform für menschliche Aktivitäten» (Abbildung 4), «Grundlage für menschliche Infrastruktur» (Abbildung 3) oder kurz «Trägerfunktion» (Abbildung 4).



Abbildung 2: Bodenfunktionen (Quelle: Umweltbundesamt)

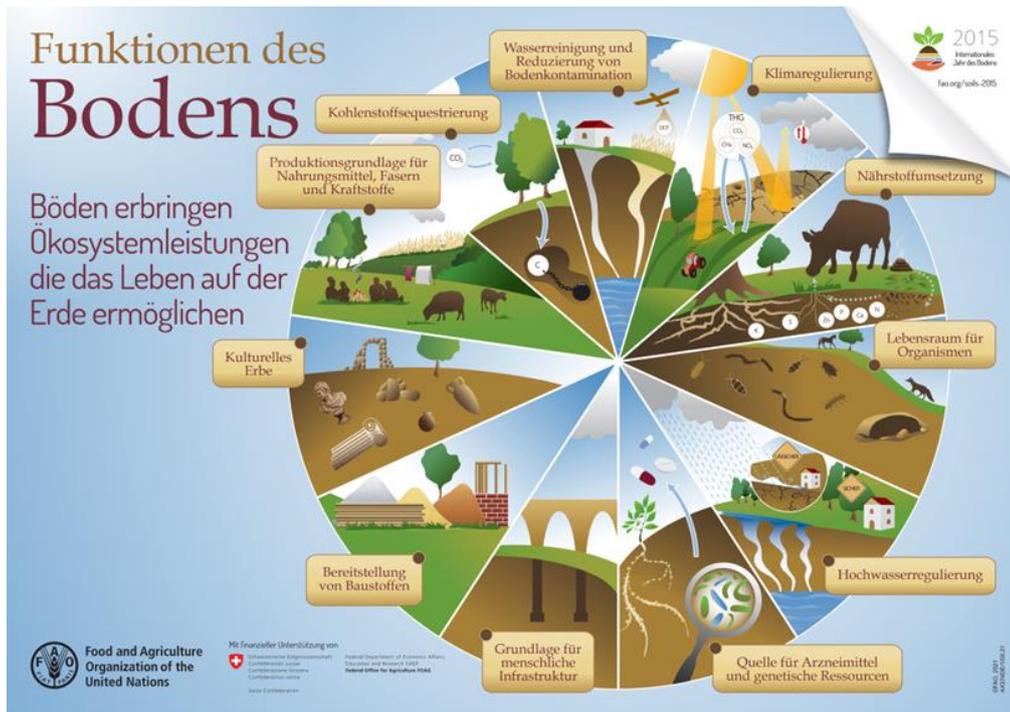


Abbildung 3: Bodenfunktionen (Quelle: FAO)

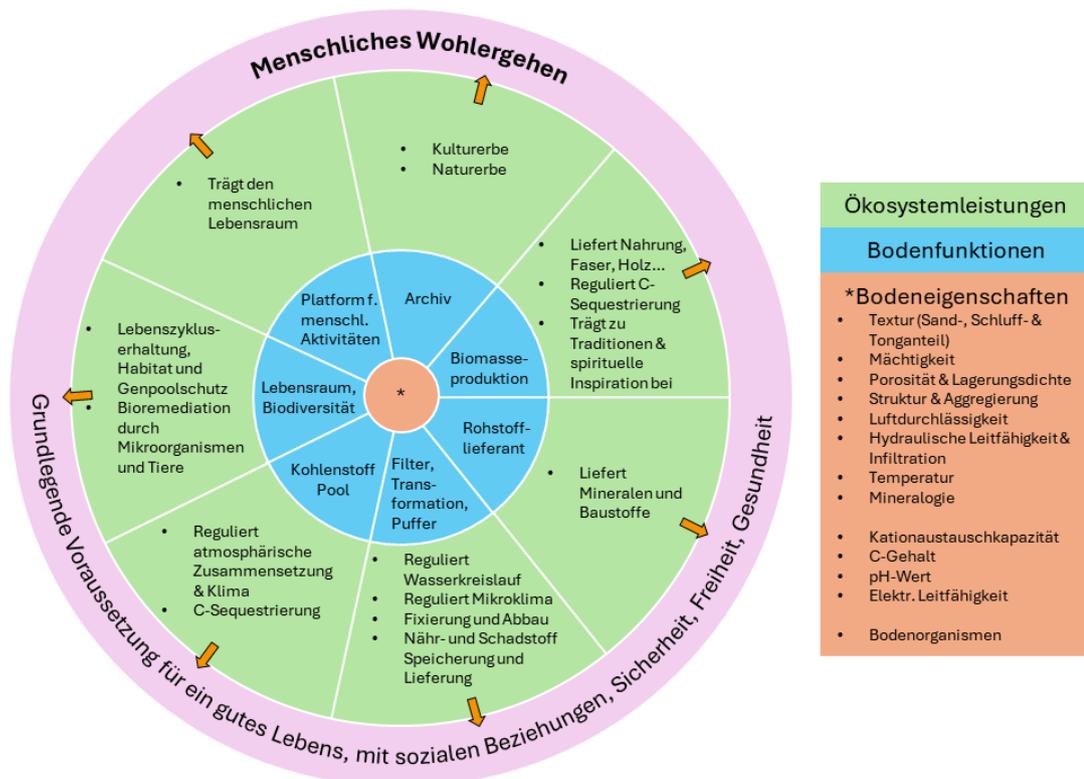


Abbildung 4: Bodeneigenschaften, Bodenfunktionen und Ökosystemleistungen sind die Grundlage für menschliches Wohlergehen (nach Adhikari and Hartemink (2016) und Gregor et al. (2018))

Für normative Zwecke wird in Österreich folgende systematische Gliederung der relevanten Boden(teil)funktionen angewendet (ÖNORM L 1076, 2013):

### **1 Lebensraumfunktion**

- 1.1 Lebensgrundlage und Lebensraum für den Menschen
- 1.2 Lebensgrundlage und Lebensraum für Bodenorganismen
  - 1.2a Lebensraum für Bodenorganismen
  - 1.2b Genreservoir, Biodiversität
- 1.3 Lebensgrundlage und Lebensraum für Pflanzen
  - 1.3a Standortpotential für natürliche Pflanzengesellschaften
  - 1.3b Natürliche Bodenfruchtbarkeit

### **2 Bestandteil des Naturhaushalts**

- 2.1 Funktion des Bodens im Wasserhaushalt
  - 2.1a Abflussregulierung
  - 2.1b Beitrag zur Grundwasserneubildung
  - 2.1c Thermische Ausgleichsfunktion / „Cooling Factor“
- 2.2 Funktion des Bodens im Stoffhaushalt
  - 2.2a Nährstoffpotential und Nährstoffverfügbarkeit
  - 2.2b Kohlenstoffspeicher
  - 2.2c Gashaushalt

### **3 Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium**

- 3.1 Filter und Puffer für anorganische sorbierbare (Schad-)Stoffe
- 3.2 Filter und Puffer für organische (Schad-)Stoffe
- 3.3 Puffer für saure Einträge

### **4 Archivfunktion**

- 4.1 Archiv der Naturgeschichte
- 4.2 Archiv der Kulturgeschichte

Hier ist die Produktionsfunktion (Lebensmittel, Futtermittel, Faser, Holz, Medizin, etc.) nicht explizit erwähnt, sondern unter *1.3f* unter der Begrifflichkeit *natürliche Bodenfruchtbarkeit* repräsentiert, sowie durch andere Teilfunktionen bedingt (BMLFUW, 2013).

#### **1.3.1. Lebensraum für Menschen: was ist damit gemeint?**

Ein Unterschied zwischen den Klassifikationen besteht auch im Bezug auf den Funktionen mit Fokus auf menschlichen Aktivitäten. Die Funktion *1.1 Lebensgrundlage und Lebensraum für den Menschen*. (österr. Systematik) wird in Abbildung 4 unter «Plattform für menschliche Aktivitäten» berücksichtigt, wobei die österreichische Bodensystematik diese Funktion unter *1. Lebensraumfunktion*, auf derselben Ebene wie die Bodenorganismen (*1.2 Lebensgrundlage und Lebensraum für Bodenorganismen*) gliedert. Dieser Ansatz lädt mit dem Fokus auf dem Lebensraum statt auf Trägerfunktion (Abbildung 2) bzw. Grundlage für Infrastruktur (Abbildung 3) zu einer neutraleren, offeneren Herangehensweise zu unserer bebauten Umwelt ein.

Es gibt sehr unterschiedliche mögliche Auffassungen dafür, was ein Lebensraum für Menschen ist und welche Ausstattung dieser haben soll: darunter können sowohl ein gebauter, geschlossener Raum als auch ein Ort in der unberührten Natur verstanden werden, sowie alles dazwischen wo auch immer Menschen gerne ihre Zeit verbringen. In allen diesen Fällen ist der Boden Träger für die unmittelbare menschliche Umgebung, gefüllt von Gegenständen, welche entweder anthropogen oder anderwertig («natürlich») entstanden sind. Eine Definition für Lebensraum für Menschen lautet «die Umgebung, in der sich Menschen aufhalten, und umfasst sauberes Wasser, saubere Luft und eine Umgebung, die einen gesunden und hygienischen Lebensraum gewährleistet. Dazu gehören gut gestaltete Wohnbereiche, die die natürliche Belüftung optimieren, Infektionskrankheiten minimieren und

Grünflächen zur Verbesserung der Luftqualität und des allgemeinen Wohlbefindens bieten»<sup>1</sup>

Eine Studie aus den USA ergab, dass wir ca. 85 % unserer Zeit in Innenräumen verbringen (Klepeis et al., 2001), und somit könnte Lebensraum nahezu mit (gesundem und hygienischem) Innenraum gleichgesetzt werden. Dass Freiraum, grüne Flächen und Natur für unser Wohlbefinden jedoch essentiell sind, wurde während der Covid-Pandemie besonders spürbar (Bristowe and Heckert, 2023; Labib et al., 2022), und die Auswirkungen einer natürlichen Umgebung auf der menschlichen Gesundheit werden zunehmend erforscht und nachgewiesen (Sudimac et al., 2022). Deshalb sollen in einer Bewertung der Bodenfunktion «Lebensraum für Menschen» möglichst verschiedene relevante Teilfunktionen berücksichtigt werden

### 1.3.2. Methoden zur Bodenfunktionsbewertung

Wie in Abbildung 4 ersichtlich basiert die Bodenfunktionsbewertung (auch funktionsbezogene Bodenbewertung genannt) auf messbaren Bodeneigenschaften wie organischer Kohlenstoffgehalt, Textur (Ton-, Schluff-, und Sandanteil), pH-Wert, Mächtigkeit, etc. Oftmals werden manche Eigenschaften nicht direkt gemessen, sondern sie werden aus anderen Messwerten über sog. Pedotransferfunktionen abgeleitet. Dies ist z.B. der Fall für die Lagerungsdichte (Volumengewicht in  $g\ cm^{-1}$ ). Oftmals werden Bewertungen auf Basis bereits verfügbarer Daten (i.d.R. aus Bodenkarten) durchgeführt.

Die in Österreich verwendeten Methoden zur Bodenfunktionsbewertung wurden zumeist in Deutschland entwickelt und so für die österreichische Datenlage adaptiert, dass sie auch hierzulande angewendet werden können. Die ÖNORM L 1076 stellt den Stand der Technik dar und ist auch die Grundlage der Bewertung, sie enthält allerdings keine Methodenabhandlungen. Dazu wurde in einer gemeinsamen Arbeitsgruppe des Fachbeirats für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz des damaligen Lebensministeriums und des Österreichischen Normungsinstituts eine Publikation veröffentlicht („Bodenfunktionsbewertung: Methodische Umsetzung der ÖNORM L 1076“ (BMLFUW, 2013)), die einzelne Methoden, welche die in der Norm definierten Mindestanforderungen erfüllen, zusammenfasst. Für die Durchführung der Bewertung empfiehlt sich eine Verwendung der Originalliteratur.

Alle bisher entwickelten Methoden teilen den Fokus auf natürliche Bodenfunktionen wie Wasserkreislaufregulierung oder Produktion von Biomasse. Methoden zur gezielten Bewertung von ausschließlich „anthropozentrischen“ Funktionen wie Trägerfunktion für Infrastruktur oder Lebensraum für Menschen wurden bisher nicht entwickelt. Trotz dieser methodischen Eingrenzung wird hier darüber hinaus versucht, für die Stadt besonders wichtige, „anthropozentrische“ Funktionen zu bewerten welche sich unter *1.1 Lebensgrundlage und Lebensraum für den Menschen* (österr. Bodenfunktionssystematik), bzw. *Plattform für menschliche Aktivitäten* (Abbildung 4) wiederfinden. Die Bewertung dieser Funktion wird damit begründet, dass sie für den Kontext der Studie im urbanen Raum besonders relevant ist. Details zur Bewertung werden im Kapitel Material und Methoden erläutert.

---

<sup>1</sup> Human Habitat is defined as the environment where humans reside, encompassing clean water, air, and surroundings to ensure a healthy and hygienic living space. It includes well-designed residential areas that optimize natural ventilation, minimize infectious diseases, and provide greenery to enhance air quality and overall well-being. AI generated definition based on Chiu (2012). Quelle: <https://www.sciencedirect.com/topics/social-sciences/human-habitat>. Übersetzt mit DeepL.com (kostenlose Version)

## 1.4. Böden und Bodenversiegelung in Wien

Aufgrund der Lage an der Donau zwischen dem Wienerwald und dem Pannonikum sind in Wien unterschiedliche Bodentypen vertreten (Abbildung 5). Am meisten repräsentiert sind:

- **Auböden** entlang der Donau (hauptsächlich in den 2., 20., 21. und 22. Bezirke),
- **Schwarzerden** (Tschernozeme) in den 21. und 22. Bezirken in Richtung Machfeld sowie in den 9., 1., 3., und 11., 10. und 23. Bezirken,
- **Braunerden** für die Stadtbezirke Stadtteile auf den fluvioglazialen Terrassen rund um den Gürtel und bis zum Wienerwald.
- Weiter nach Westen im Wienerwald sind hauptsächlich **Pseudogleye**, sowie andere Bodenypen zu finden.

Bodeneigenschaften wie Tiefgründigkeit, Wasserleitfähigkeit, Abflussregulierung, und Standortpotenzial für Pflanzengesellschaften sind nicht flächendeckend, sondern nur für die äußeren, dünn besiedelten Gebiete kartographiert (Abbildung 6 bis Abbildung 9). Zu finden sind großteils mittelgründige bis tiefgründige Böden, was auf einen hohen Stellenwert hindeutet (Abbildung 6).

Ein potenziell relevanter Unterschied ist im Bezug auf Wasserleitfähigkeit (Abbildung 7) und Abflussregulierung (Abbildung 8): bei Pseudogleyen im Westen sind aufgrund der im Zuge der Bodenbildung entstandenen P und S Horizonten durch Verlagerung von Tonpartikeln im Unterboden, Beeinträchtigungen bei der Wasserleitfähigkeit zu erwarten. Es handelt sich aber hier hauptsächlich um den dünn besiedelten bis unbesiedelten Wienerwald, und soll deshalb für den Zweck dieser Studie kaum von Relevanz sein.

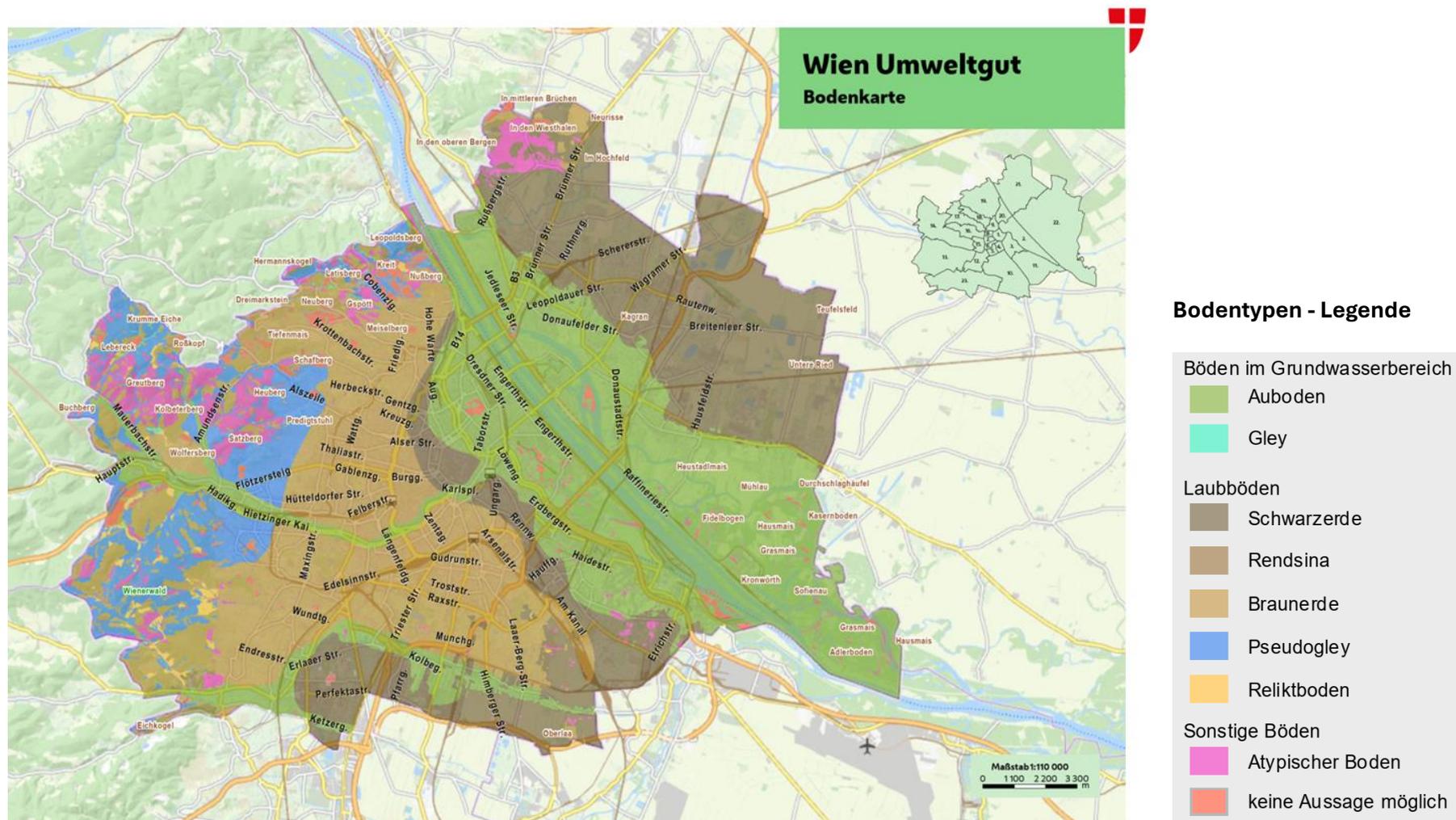
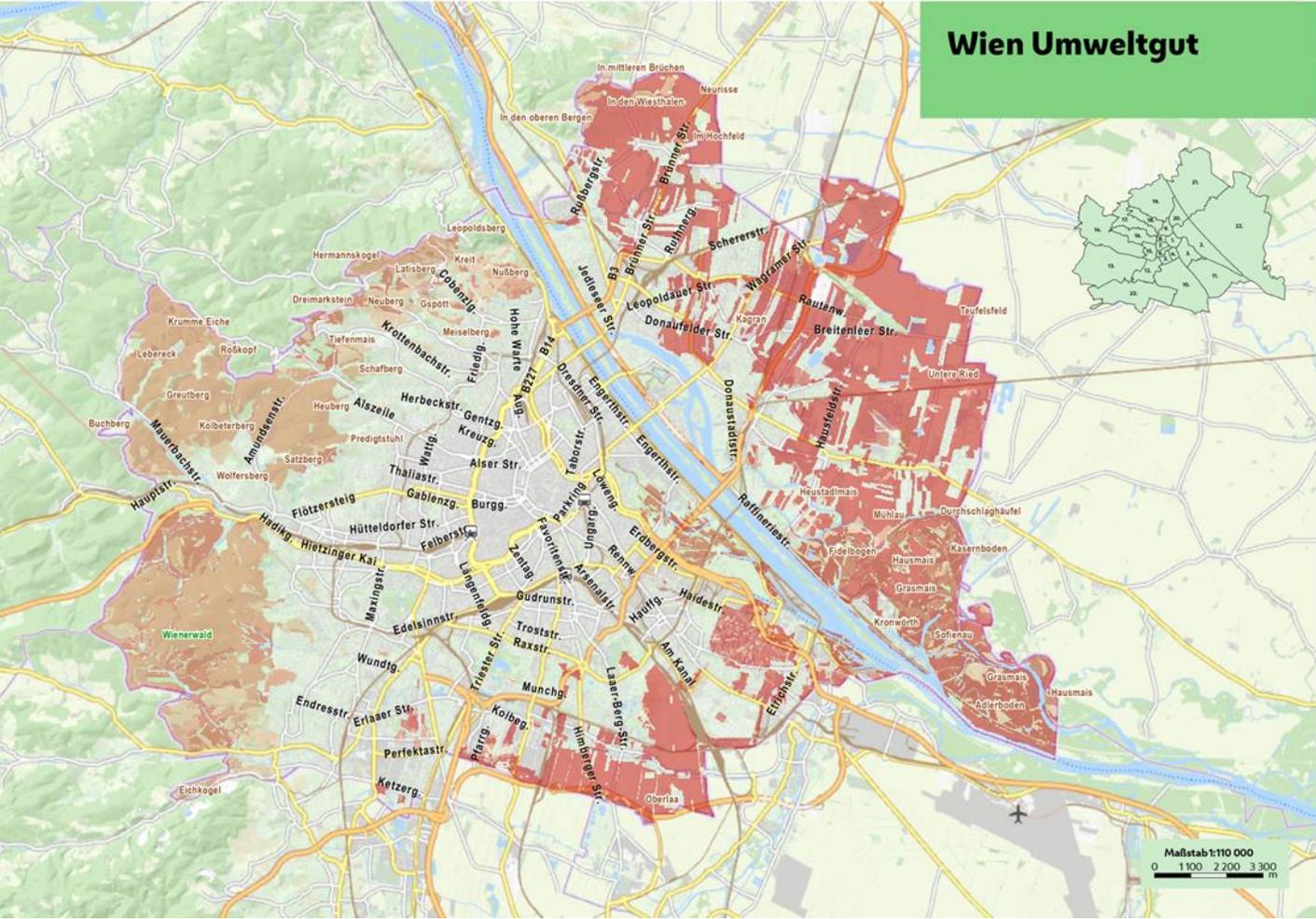


Abbildung 5: Wiens Bodenkarte. Quelle: Stadt Wien - ViennaGIS (<https://www.wien.gv.at/umweltgut/public/>)

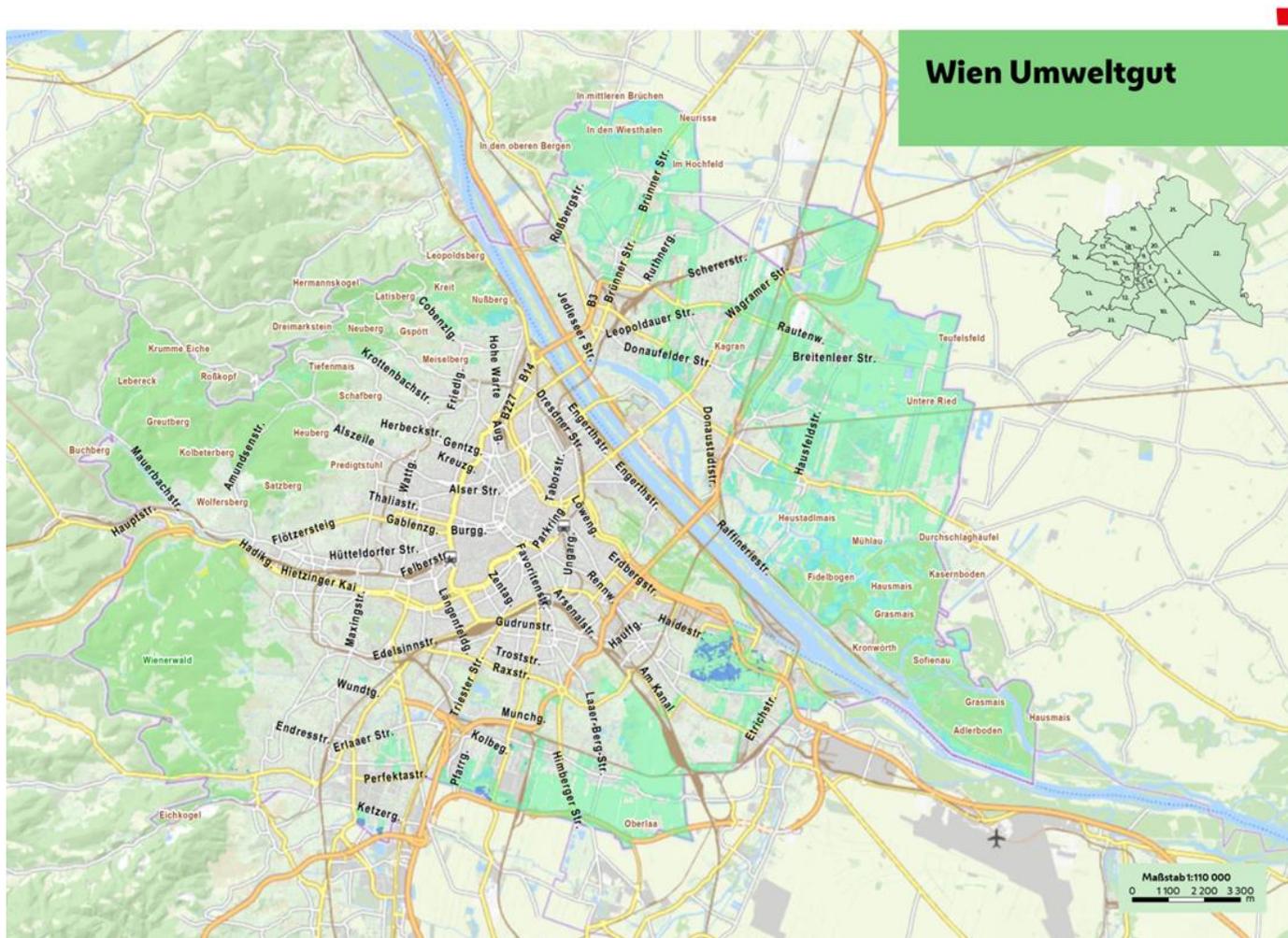


**Wien Umweltgut**

**Tiefgründigkeit – Legende**

- sehr seicht bis seichtgründig
- seicht- bis mittelgründig
- mittelgründig
- mittel- bis tiefgründig
- tief- bis sehr tiefgründig

**Abbildung 6: Tiefgründigkeit der Böden Wiens. Quelle: Stadt Wien - ViennaGIS**  
[\(https://www.wien.gv.at/umweltgut/public/\)](https://www.wien.gv.at/umweltgut/public/)

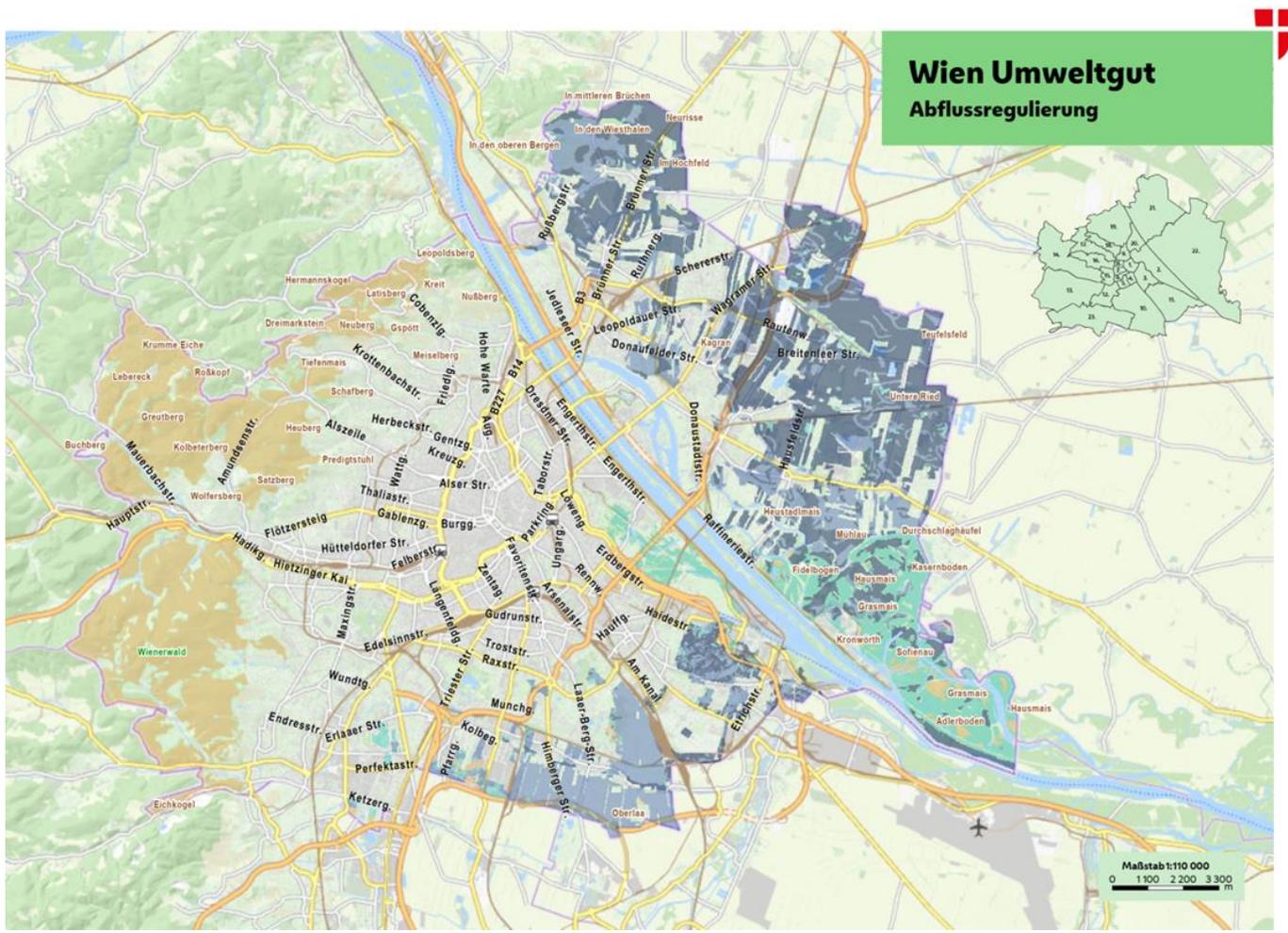


## Wien Umweltgut

### Wasserleitfähigkeit – Legende

- sehr gering (<1 cm/d)
- gering (1 – 10 cm/d)
- mittel (10 – 40 cm/d)
- hoch (40 – 100 cm/d)
- sehr hoch (100 – 300 cm/d)

Abbildung 7: Wasserleitfähigkeit (kf-Wert in cm/Tag) der Böden Wiens. Quelle: Stadt Wien - ViennaGIS (<https://www.wien.gv.at/umweltgut/public/>)



**Wien Umweltgut  
Abflussregulierung**

**Abflussregulierung - Legende**

- gering
- mittel
- hoch
- sehr hoch

**Abbildung 8: Abflussregulierung der Böden Wiens. Quelle: Stadt Wien - ViennaGIS  
(<https://www.wien.gv.at/umweltgut/public/>)**



Abbildung 9: Standortpotenzial der Böden Wiens für Pflanzengesellschaften. Quelle: Stadt Wien - ViennaGIS (<https://www.wien.gv.at/umweltgut/public/>)

Der Versiegelungsgrad in Wien reicht je nach Bezirk von 17% (Hietzing) bis über 90% in den inneren Bezirken (Tabelle 1). Der Anteil der Gebäudeflächen an der Versiegelung schwankt in einem kleineren Ausmaß (30 % bis knapp 60 %), wobei der Anteil in den Innenbezirken (1. und 4. - 9.) am Höchsten ist (> 45%) (Tabelle 1).

In diesen innerstädtischen Bezirken könnte die Stadtentwicklung von innovativen Fundamenten erst in der Zukunft, schrittweise im Zuge von Abriss und Neubau profitieren. In diesen bereits dicht bebauten Bezirken wurden die Böden im Zuge der bereits umgesetzten Bautätigkeiten außerdem bereits ausgehoben und abgetragen, so dass auf dem Bauland direkt unter den Gebäuden kaum ein natürlich gewachsener Boden besteht und somit eine Bewertung anhand eines ortstypischen Bodenprofils nicht sehr sinnvoll erscheint. In dem Kontext müsste, falls ein Fundament mit unversiegelter Oberfläche geplant ist, ein Oberboden neu zugeführt werden.

Die Außenbezirke nord-östlich der Donau (21. und 22.) sind mit jeweils 38 % und 25 % vergleichsweise wenig versiegelt, und die Gebäudeflächen machen ca. 30 % der Versiegelung aus (Tabelle 1). Im Bezug auf die Stadtentwicklung finden aktuell die meisten Bauprojekte in diesen Bezirken statt, eine Lage wo hauptsächlich Tschernoseme zu finden sind. Es handelt sich um jenen Raum, wo die Ergebnisse der vorliegenden Studie kurzfristig am relevantesten sind, denn dort besteht das Potenzial, mit dafür entwickelten Fundamenten, im Zuge aktueller Bauprojekte die natürlichen Böden und ihre Funktionen zu erhalten.

**Tabelle 1: Versiegelte Flächen in den Wiener Bezirken und Anteil der Gebäudeflächen an der Versiegelung**

Bezirk	Fläche <sup>a</sup>	Versiegelte Fläche <sup>b</sup>	Gebäudeflächen <sup>b</sup>	Versiegelungsgrad	Gebäudeflächen
		ha		% der Bezirksfläche	% der versiegelten Fläche
Wien 1., Innere Stadt	286.9	249.6	119.2	87.0	47.8
Wien 2., Leopoldstadt	1924.2	761.5	229.8	39.6	30.2
Wien 3., Landstraße	740.3	593.3	236.3	80.1	39.8
Wien 4., Wieden	177.6	152.7	76.7	86.0	50.2
Wien 5., Margareten	201.2	182.4	87.3	90.6	47.9
Wien 6., Mariahilf	145.5	132.8	71.3	91.3	53.7
Wien 7., Neubau	160.8	148.9	86.1	92.6	57.8
Wien 8., Josefstadt	109	98.2	53.9	90.1	54.9
Wien 9., Alsergrund	296.7	256.5	128.6	86.5	50.1
Wien 10., Favoriten	3182.3	1275.1	391.5	40.1	30.7
Wien 11., Simmering	2325.6	1251.9	341.9	53.8	27.3
Wien 12., Meidling	810.3	547.0	203.3	67.5	37.2
Wien 13., Hietzing	3771.3	666.8	243.3	17.7	36.5
Wien 14., Penzing	3376	767.2	284.6	22.7	37.1
Wien 15., Rudolfsheim-Fünfhaus	391.8	317.1	142.9	80.9	45.1
Wien 16., Ottakring	867.3	465.6	201.1	53.7	43.2
Wien 17., Hernals	1139.6	342.7	143.2	30.1	41.8
Wien 18., Währing	634.7	306.8	142.3	48.3	46.4
Wien 19., Döbling	2494.4	639.8	245.7	25.7	38.4
Wien 20., Brigittenau	571	340.1	123.7	59.6	36.4
Wien 21., Floridsdorf	4444.3	1700.0	546.9	38.3	32.2
Wien 22., Donaustadt	10229.9	2569.9	786.5	25.1	30.6
Wien 23., Liesing	3206.1	1554.8	567.9	48.5	36.5
<b>Wien</b>	<b>41487.1</b>	<b>15320.8</b>	<b>5454.1</b>	<b>36.9</b>	<b>35.6</b>

<sup>a</sup> Quelle: Stadt Wien (<https://www.wien.gv.at/statistik/lebensraum/tabellen/nutzungsklassen-bez.html>)

<sup>b</sup> Quelle: ÖROK Baseline 2022 (<https://www.oerok.gv.at/monitoring-flaecheninanspruchnahme/daten>)

## 1.5. Überblick über Fundamente

Wichtig ist zunächst festzustellen, dass die Bodenfunktionsbewertung anhand der Methoden der ÖNORM L1076 nur den ersten Meter unter der Oberfläche berücksichtigt. Deshalb wird diese relevante Bodentiefe bei der Darstellung von unterschiedlichen Fundamenten (Abbildung 10 und Abbildung 11) und bei der Szenarioauswahl (Abbildung 20 und Abbildung 21) mit einer dunkleren Farbe hervorgehoben.

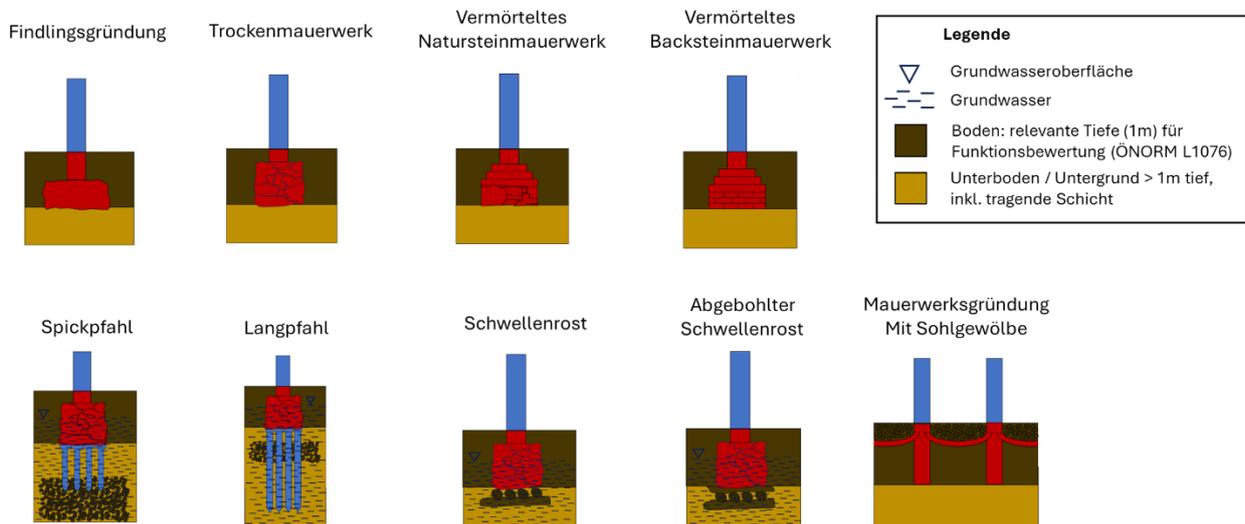
Um bei mehrstöckigen Gebäuden in die tragende Schicht zu gelangen, reichen die Gründungen (z.B. Pfahlgründungen) deutlich tiefer als 1 m. Aus diesem Grund erscheint die Bewertung von

Druckverhältnissen am Fundament auf die Bodenfunktionen nicht sinnvoll. Es bleibt vor allem zu bewerten, wieviel der Boden in Form von Flächenverlust bzw. Versiegelung durch das Fundament beansprucht wird.

Bezüglich der Materialien haben sich die Fundamentierungen von Naturstein und Holz zu Mauerwerksgründungen im letzten Jahrhundert (Abbildung 10) in Richtung Stahlbetonfundamente und Stahlbetonpfahlgründungen entwickelt (Abbildung 11). Dies liegt einerseits an der höheren Tragfähigkeit (übertragbaren Lasten) und andererseits an den Herstellungskosten und der Langlebigkeit.

Für **zukünftige Entwicklungen** zur Reduktion von Querschnitten und zur Beibehaltung oder Steigerung der Tragfähigkeit scheinen Fundierungen, Pfähle bzw. Pfeilersysteme aus Stahlbetonschleuderbeton oder auch Stahlstützen mit betongefüllten Kernen sehr vielversprechend zu sein (Abbildung 11).

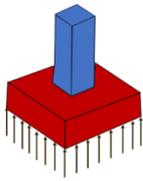
Es ist jedoch wichtig, den Umweltbedingungen und der Erdbebbensicherheit entsprechende Beachtung zu schenken.



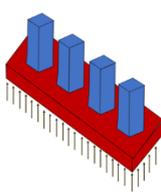
**Abbildung 10: Entwicklung der Gründungen im letzten Jahrhundert – Von Naturstein und Holz zu Mauerwerksgründungen**

## Flachgründungen

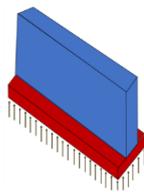
Einzelfundament



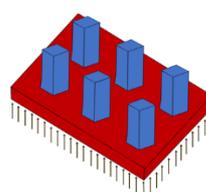
Streifenfundament



Streifenfundament

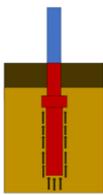


Plattenfundament

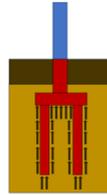


## Tiefgründungen

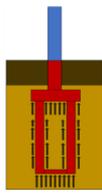
Einzelpfahl



Pfahlgründung



Senkkasten



Kombinierte  
Pfahl-Plattengründung

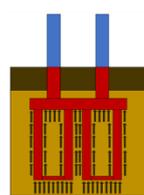


Abbildung 11: Moderne Flach- und Tiefgründungen aus Stahlbeton

## 1.6. Bauvarianten und Bodenfunktionen (best-practice Beispiele)

### 1.6.1. Bauvarianten zum Wohlfühlen: grün, offen, nicht-versiegelt

Versuche, Gebäude und ihre Umgebung lebenswerter zu machen sind vielfältig. Begrünte Dächer und begrünte Wände sind bereits erprobte Ansätze. Ein prominenter Pionier von Begrünungen war der weltberühmte österreichische Künstler Friedensreich Hundertwasser (Abbildung 12).

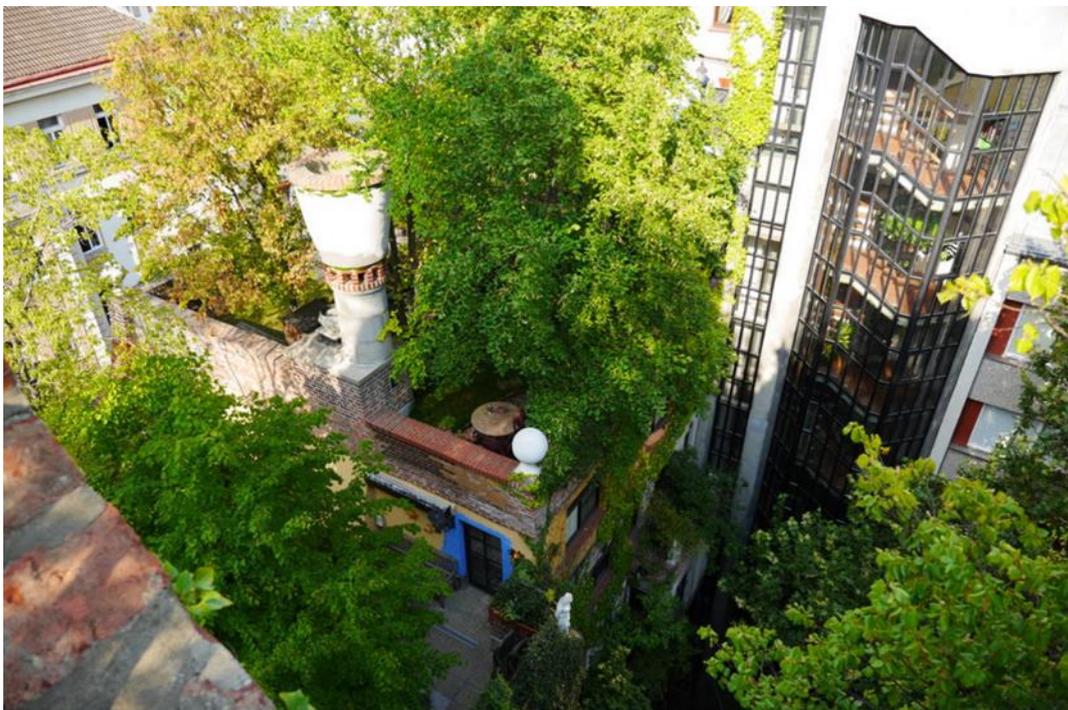


Abbildung 12: Intensive Dachbegrünungen nach Hundertwasser. **Oben:** Ronald Mc Donald's Haus in Essen - 900 m<sup>2</sup> begrüntes Dach mit Bäumen, Sträuchern und Wiese. Quelle: Jürgen Quindeau (<https://galabau-blog.de/gruendaecher-vision-wird-wirklichkeit>). **Unten:** Hunterwasserhaus in Wien 1030. Quelle: Grün Statt Grau (<https://gruenstattgrau.at/news/projekt/hundertwasserhaus-wien>)

Abgesehen von Begrünung verfügen einige neue Wohngebäude in Wien über eine offene EG-Zone, welche als Gewerbefläche oder als zusätzlicher Lebensraum für die HausbewohnerInnen (z.B. als Gemeinschaftsraum) zur Verfügung steht (Abbildung 13). Manche Gebäude verfügen sogar über eine 2-geschössige Sockelzone (siehe «Das Haus am Park» und «WoGen» Quartiershaus in Abbildung 13).

Diese Beispiele zeigen das Potenzial, das Wohlbefinden mit geeigneter Architektur zu steigern. Jedoch ist auch hier der Boden - wie bei üblichen Gebäuden - versiegelt, und dieser kann somit nur einen begrenzten Teil seiner Funktionen erfüllen.



© Hertha Hurnaus

Gesundheitsquartier



© einszeins architektur

Gleis 21



© PPAG architects

Open Up!



© kallingerprojekte/ H. Hurnaus

Das Haus am Park



© Andreas Buchberger

Stadtelefant



© Janusch

Wohnprojekte-Genossenschaft e.Gen. (WoGen)  
Quartiershaus am Hauptbahnhof

**Abbildung 13: Beispiele für neue Architektur - Sonnwendviertel (Wien 1100). Quelle: IBA Wien (2020)**

Bauvarianten mit unversiegeltem Boden sind vorwiegend bei kleinen Gebäuden zu finden, wie z.B. Einfamilienhäuser auf Punktfundamenten (Abbildung 14). Ein Beispiel aus Wien zeigt jedoch, dass ein solches Konzept für Hochhäuser durchaus möglich ist (Abbildung 15).

A



B



C



D



**Abbildung 14: Schraubfundamente bei kleinen Gebäuden (Quellen: A-C <https://www.neuco.eu/>; D: <https://zikk.at>)**



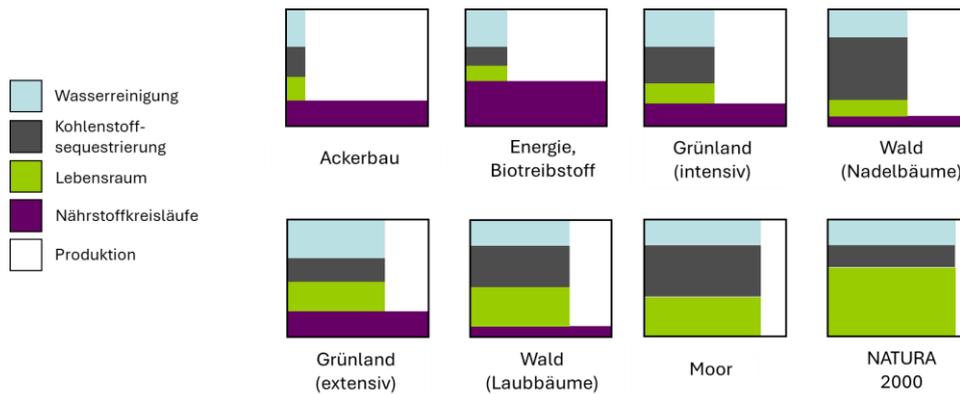
**Abbildung 15: Moderne Wohnhäuser auf erhöhten Punktfundamenten mit weitgehend freier EG-Zone. Arsenalstraße 12-16, Wien 1100. Quelle: <https://www.alukoenigstahl.at/de/unternehmen/referenzen/park-apartments-am-belvedere>**

### **1.6.2. Bodenfunktionskombination statt Bodenfunktionsverdrängung**

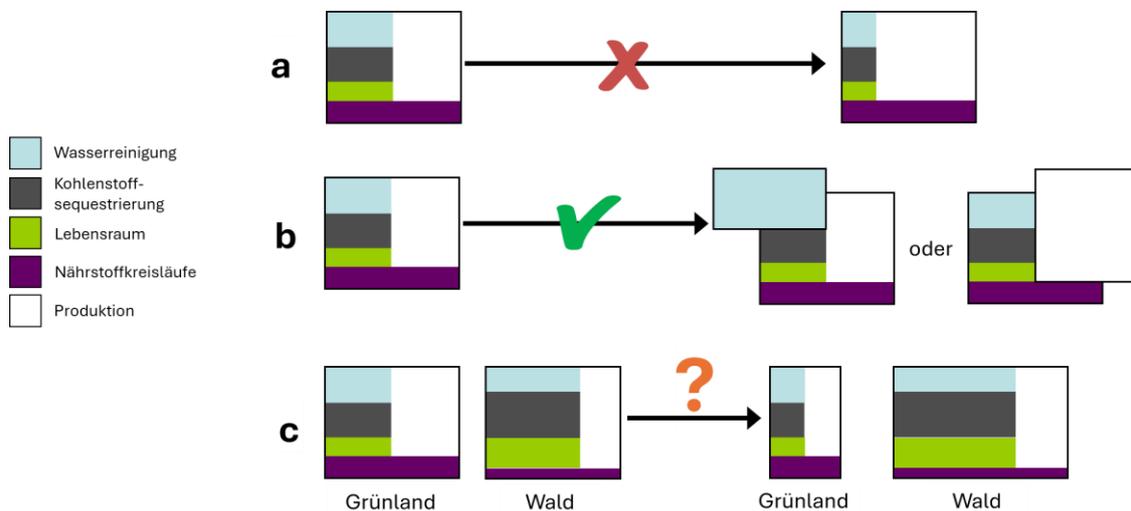
Es gilt die allgemeine und durch Beobachtung unseres urbanen Umfelds leicht zu begründende Meinung, dass sich eine erhöhte Ausprägung der Trägerfunktion für Infrastruktur auf die meisten anderen Bodenfunktionen negativ auswirkt (Gregor et al., 2018).

Doch bevor wir mit der Einleitung abschließen, soll das Spannungsfeld in dem sich diese Studie befindet mit einem etwas provokanten Ansatz ergänzt werden, welcher ein Tor für mögliche Lösungsansätze eröffnet: Obwohl die Bodennutzung durch Menschen seine Funktionen und derer jeweiligen Ausprägungen definiert (Abbildung 16) und ggf. massiv beeinträchtigen kann (Abbildung 17a), ist es wichtig hervorzuheben, dass gewisse Funktionen unter der Voraussetzung von entsprechender Planung und Management weitgehend erhalten, oder sogar verbessert werden können (Abbildung 17b).

Diese Ansätze aus Abbildungen 16 und 17 werden durch Schulte et al. (2014) für landwirtschaftlich genutzte Ökosysteme beispielhaft diskutiert. Sie sind jedoch auch für die vorliegende Modellstudie im bebauten urbanen Raum von besonderer Relevanz: unterschiedliche Architekturkonzepte haben das Potenzial, die negativen Auswirkungen der Gebäude auf die Umwelt zu verringern, wodurch sich eine neue Ausgangssituation für derer Bewertung ergibt.



**Abbildung 16: Typische Bodenfunktionsausprägungen bei unterschiedlichen Bodennutzungen (Schulte et al., 2014).**

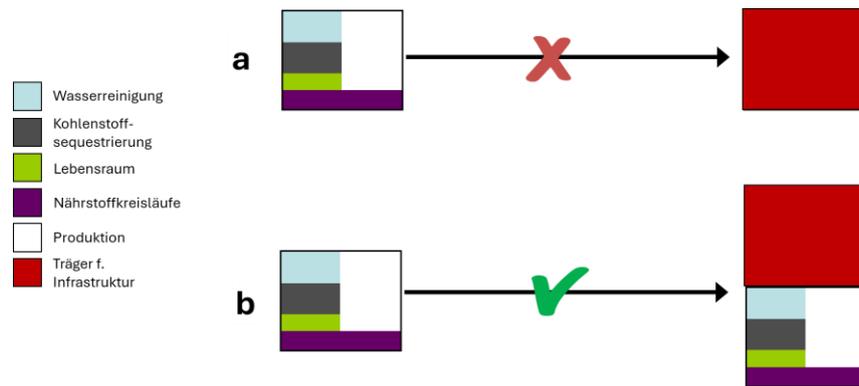


**Abbildung 17: Wechselwirkungen zwischen Bodenfunktionsausprägungen. In Beispiel a, wird eine Bodenfunktion (z. B. die Erzeugung von Nahrungsmitteln und Fasern) auf Kosten der anderen Bodenfunktionen erhöht. In Beispiel b werden einzelne Bodenfunktionen (z.B. Wasserreinigung oder Nahrungsmittel- und Faserproduktion) erhöht, während die anderen Funktionen unbeeinflusst bleiben. In Beispiel c, werden bestimmte Bodenfunktionen erhöht (z. B. Kohlenstoffsequestrierung) durch eine Ausweitung der Landfläche einer ausgewählten Landnutzungsart (z. B. Forstwirtschaft). (Schulte et al., 2014)**

Daraus leitet sich die folgende Frage ab: inwiefern können im bebauten urbanen Raum mit innovativem Design und dem Einsatz geeigneter Technologien nicht nur die Trägerfunktion für Infrastruktur mit der Schaffung von Innenräumen, sondern auch gleichzeitig und auf derselben Fläche andere Bodenfunktionen erfüllt werden (Abbildung 18)? Voraussetzung dafür ist ein unversiegelter Boden, was den Austausch von Wasser (im flüssigen und im gasförmigen Zustand) sowie anderen Gase wie O<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub> mit der Atmosphäre ermöglicht.

Ziel ist es hier also zu überprüfen, inwiefern der Hochbau bodenschonend gestaltet werden kann, bzw. inwiefern der Boden in diesem Kontext zur Verbesserung der Lebensqualität in der unmittelbaren Umgebung beitragen kann. Diese Arbeit konzentriert sich auf den Einsatz von

unterschiedlichen Fundamenten, angefangen mit einer klassischen, bodenverbundenen Bauweise, bis hin zu einer freien EG-Zone.



**Abbildung 18: Effekt von Umwidmung und Bebauung auf Bodenfunktionen. Inwiefern kann die Trägerfunktion für Gebäude (als wesentlicher Lebensraum für Menschen) mit den natürlichen Bodenfunktionen kombiniert werden? Darstellung angelehnt an Abbildung 17. In Beispiel a unterdrückt die Erfüllung der Trägerfunktion alle andere Bodenfunktionen. In Beispiel b wird die Trägerfunktion zusätzlich zu, und ohne wesentlichen Einfluss auf die vorher bestehenden Funktionen erfüllt.**

## 2. Material und Methoden

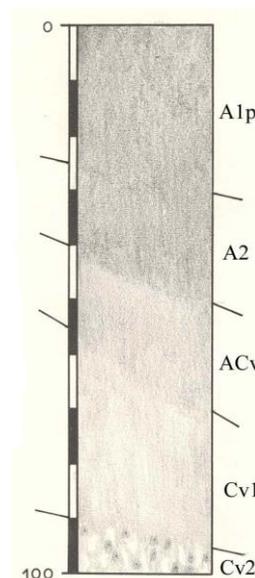
### 2.1. Szenarioauswahl zu Standort und Modellbodenform

Für die Beurteilung des Funktionserfüllungsgrades, das Ergebnis der Bodenfunktionsbewertung, wurde eine Bodenform aus der Österreichischen Bodenkarte (eBOD) als Modellbodenform ausgewählt. Diese ist repräsentativ für jene Stadtteile Wiens, wo aktuell die bedeutendsten Stadterweiterungsprojekte umgesetzt werden. Dabei handelt es sich um einen **Tschernosem aus Löss** (Bodenform 11 im Kartierungsbereich 38), der für das Marchfeld und damit für die Bezirke XXI und XXII repräsentativ ist (Abbildung 5).

Angesichts des übergeordneten Einflusses des Bauwesens auf Bodenfunktionen spielt für den Zweck dieser Studie die Berücksichtigung unterschiedlicher Bodentypen nur eine zweitrangige Rolle. So werden die vorliegenden Ergebnisse anhand eines ausgewählten Bodenprofils weitgehend für einen anderen Bodentyp mit ähnlicher Gründigkeit gültig sein. In dem Fall, dass eine ausgewählte Bodenfüllung bei einem Neubau nach einem Abriss eingesetzt wird, kann vorzugsweise ein für eine Reihe an relevanten Bodenfunktionen günstiges Material ausgewählt werden.

Eine Referenzfläche wird bei der Bewertung berücksichtigt, um den Effekt des Gebäudes und seines Fundaments auf die Bodenfunktionen zu veranschaulichen. Es ist eine weder versiegelte noch überdachte Fläche wie z.B. Garten, Innenhof, oder Park, bzw. dafür wird dasselbe Grundstück vor der Besiedelung herangezogen.

**Abbildung 19: Profil der verwendeten Modellbodenform (Bodenform 11 im Kartierungsbereich 38) aus der Österreichischen Bodenkarte (eBOD)**



### 2.2. Szenarienauswahl zu Fundament und Bauweise

Um die Szenarien für Fundament und Bauweise zu definieren, werden sowohl rechtliche Vorgaben als auch technische Möglichkeiten berücksichtigt. Die Szenarien werden außerdem so ausgewählt, dass das Spektrum an potenziellen Auswirkungen auf Bodenfunktionen möglichst abgebildet ist.

#### 2.2.1. Rechtliche Vorgaben im Rahmen der Bauordnung

Bei Wohngebäuden muss in Wien für je 100 m<sup>2</sup> Wohnnutzfläche ein PKW-Stellplatz geschaffen werden (Wiener Garagengesetz 2008 §50(1)). Dies kann entweder mit einer Tiefgarage, oder mit einer Garage im Erdgeschoss oder am Dach erfüllt werden, wobei bei Neubauten ersteres vorzüglich gewählt wird. Für die Szenarien wird die Möglichkeit einer Dachgarage berücksichtigt, und so werden

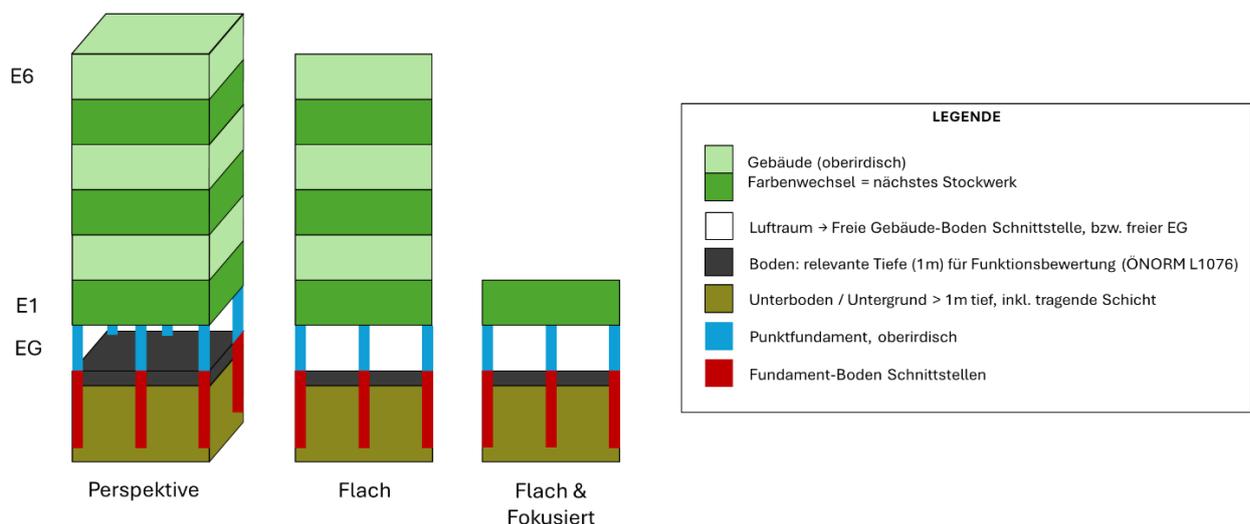
auch Gebäude ohne Keller evaluiert.

Die Bauordnungsnovelle 2023 hat wie eingangs erwähnt die Vorgabe der Regenwasserversickerung am Grundstück eingeführt (§99: „Niederschlagswässer sind zu versickern oder auf andere Art dem natürlichen Wasserkreislauf oder einer Nutzung zuzuführen“). Dies kann einerseits auf der nicht bebauten Grundstücksfläche erfolgen, andererseits gibt es technische Möglichkeiten, je nach Fundamentart, das Wasser entweder in den Boden und/oder in den Untergrund zu leiten.

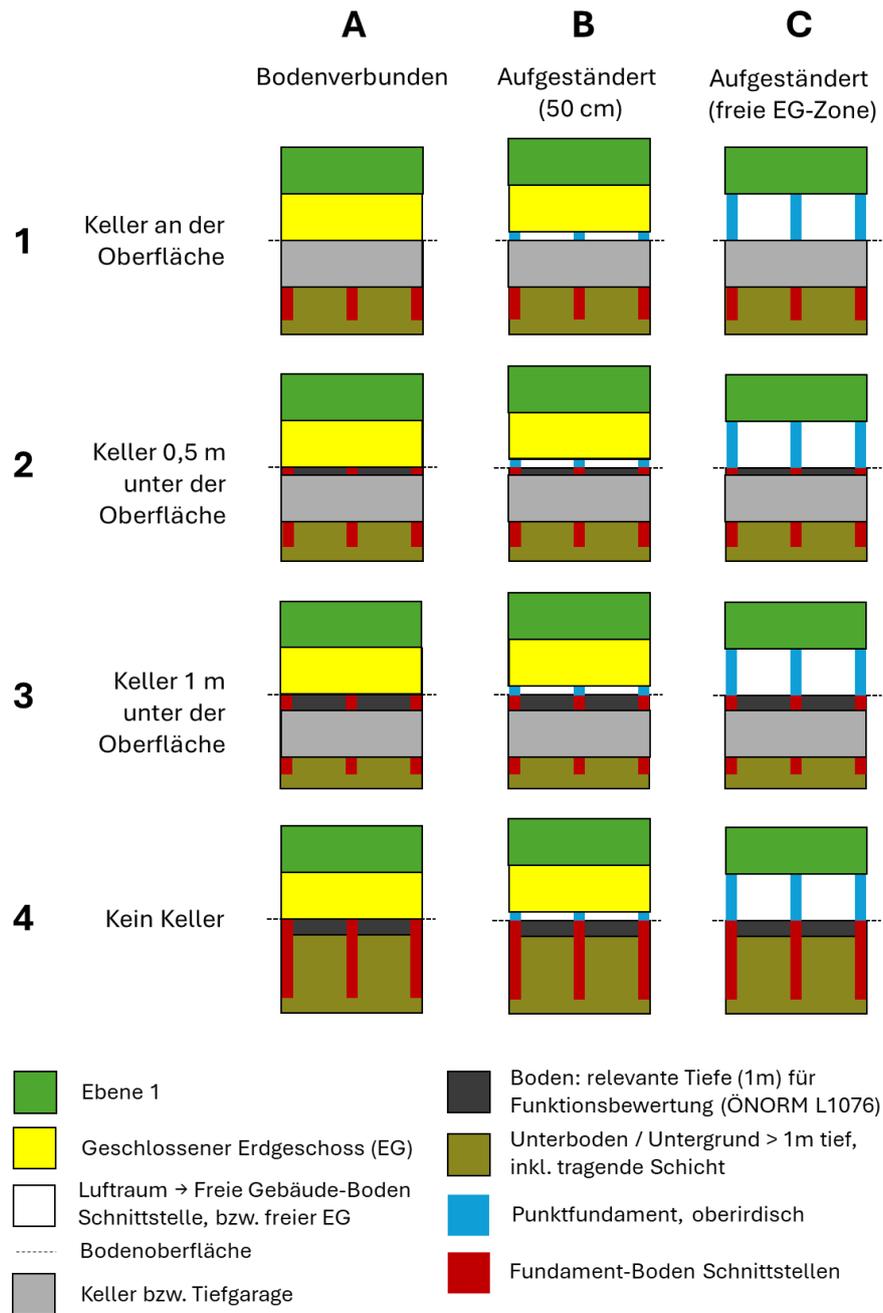
Beide Vorgaben haben einen maßgeblichen Einfluss auf die Bauweise, wobei im Bezug auf Wasserinfiltration vor allem das Bodenwasser in dem ersten Meter für die Bewertung der Bodenfunktionen relevant ist. Es ist im Wesentlichen nur dieses Wasser, das im Austausch mit der Atmosphäre steht und somit zur Erfüllung essenzieller Bodenfunktionen wie Produktion, Lebensraum für Organismen und Kühlung beiträgt. So ist es bei bodenverbundenen Bauweisen zwar möglich, das Wasser in den (Unter)boden einzuleiten, nur dies ist im Sinne der hier durchgeführten Bodenfunktionsbewertung irrelevant.

### 2.2.2. Szenarien zu den Fundamenten

Die Abbildungen 20 bis 22 erläutern die verschiedenen Szenarien für die Gebäudedimensionen und Fundamentarten. Zur Vereinfachung der Darstellung wird bei der Fundamenten-Matrix in Abbildung 21 die in Abbildung 20 eingeführte flache und auf das Fundament fokussierte Ansicht herangezogen. Abbildung 21 stellt alle Optionen in Form einer Matrix dar, welche für die Studie relevant sein können. Hier wird einerseits die Positionierung des ersten Stockwerks berücksichtigt: entweder bodenverbunden (Spalte A), 0,5 m aufgeständert (Spalte B) oder mit freier EG-Zone mit 4 m freiem Raum (Spalte C). Weiters wird die Option eines Kellers bzw. einer Tiefgarage berücksichtigt, wobei dieser entweder direkt unter der Oberfläche (Zeile 1), in 0,5 m Tiefe (Zeile 2) oder 1m Tiefe (Zeile 3) positioniert sein kann. In Zeile 4 wird eine Variante ohne Keller berücksichtigt, in welchem Fall die PKW-Stellplätze z.B. in einer Dachgarage geplant werden können.



**Abbildung 20: Skizzentypen zur graphischen Veranschaulichung der zu bewertenden Fundamentarten am Beispiel eines 6-stöckigen Gebäudes mit freier EG-Zone ohne Keller (Szenario C4 in Abbildung 21). Links: Volle Ansicht mit Perspektive; Mitte: Flache, Front-Ansicht; Rechts: Auf Fundament fokussierte Front-Ansicht, nur 1. Stock abgebildet. Die dritte Variante (rechts) wird in der Folge verwendet, um die Szenarien untereinander graphisch zu vergleichen (siehe Abbildung 21)**



**Abbildung 21: Graphische Übersicht der zu bewertenden Fundament- bzw. Bauvarianten. Zwecks der Vollständigkeit wurden alle Varianten dargestellt, wobei bei der Spalte A (Bodenverbunden) sowie bei B1 und B2 aufgrund des fehlenden Austauschs mit der Atmosphäre (versiegelt) keine Bodenfunktionen jenseits der Trägerfunktion für Infrastruktur erfüllt werden können.**

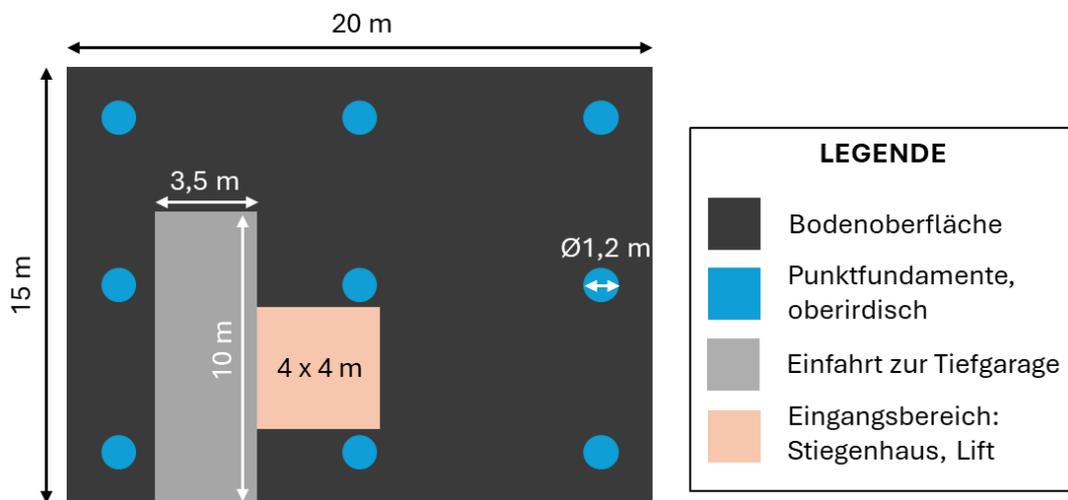
In den Abbildungen 20 bis 22 eine Pfahlgründung dargestellt, wobei die Art der Gründung letztendlich von dem Zusammenspiel zwischen Untergrund und Gebäudemaßen, Gewicht, etc. abhängen wird. Diese Spezifitäten sind kein Gegenstand der vorliegenden Studie da wie oben erwähnt die im Rahmen der ÖNORM L1076 zur Verfügungsstehenden Bodenfunktionsbewertungsmethoden auf dem ersten Meter unter der Oberfläche begrenzt sind. In dem Kontext sind vielmehr die Dimensionen der baulichen Elemente in diesem Bereich von Bedeutung, insbesondere die dadurch beanspruchte Fläche (Abbildung 22).

### 2.2.3. Dimensionen des Gebäudes

Folgende Dimensionen werden für die Bewertung herangezogen

- Die Gebäudehöhe beträgt max. 6 Stockwerke (Abbildung 20)
- Die Gebäudefläche beträgt  $300\text{m}^2$  ( $20 \times 15 \text{ m}$ , Abbildung 22), was der Durchschnittsgröße der Wiener Gebäuden entspricht
- Die Einfahrt in die Tiefgarage beansprucht  $35\text{m}^2$  ( $3,5 \times 10 \text{ m}$ ) (Abbildung 22)
- Der Schacht für den Eingangsbereich mit Stiegenhaus und Lift sowie Anschlüsse beansprucht  $16\text{m}^2$  ( $4 \times 4 \text{ m}$ ) (Abbildung 22)
- Die Stützen, die das Gebäude mit dem Boden verbinden (blaue Elemente in Abbildung 22) beanspruchen  $10,2 \text{ m}^2$ , bestehend aus 9 runden Stützen mit einem Querschnittsdurchmesser von  $1,2 \text{ m}$

In Summe, beträgt die durch Infrastruktur (Einfahrt, Eingang, Stützen) beanspruchten Fläche  $61\text{m}^2$ , oder 20% der Gebäudefläche.



**Abbildung 22: Obere Ansicht des Fundaments des Mustergebäudes für die Bewertungsszenarien mit aufgeständertem Punktfundament (Spalten B und C in Abbildung 21).**

### 2.2.4. Weitere Designoption im Bezug auf Wasser

Eine zusätzliche Designmöglichkeit besteht darin, das Gebäude mit zweckmäßig dimensionierten Regenspeichern auszustatten, um Niederschlagsspitzen abzufangen und das überschüssige Wasser später in den Boden einzuleiten. Damit könnten in einem gewissen Maß Bodenfunktionen unterstützt werden, indem die Zeitspanne erweitert wird, in welcher der Boden optimal mit Wasser versorgt ist. Diese Option wird nicht in den Berechnungen berücksichtigt, sondern wird nur in der Diskussion einfließen.

## 2.3. Allgemeine Voraussetzungen für die Bewertung

Für die Bewertung der Bodenfunktionen werden folgende Voraussetzungen bei der Bauweise berücksichtigt:

- Bei aufgeständerten Punktfundamenten wird, abgesehen von der für die Gebäudestruktur unerlässlichen Mindestinfrastruktur (Stützen, Eingangsbereich, Einfahrt zur Tiefgarage) von einem unversiegelten Boden unter dem Gebäude ausgegangen. Daher ergübrigen sich die Szenarien B1 und C1 aus Abbildung 21 in welchen die Kellerdecke bis zur Oberfläche reicht.

- **Licht:** In den Szenarien mit aufgeständertem Fundament (Spalten B und C in Abbildung 21) wird für eine Lichteinstrahlung unter dem Gebäude gesorgt, so dass das Pflanzenwachstum nicht eingeschränkt ist. Dies kann entweder durch Lenkung des Sonnenlichts über Spiegeln erfolgen, oder durch eine Zusatzbeleuchtung mit LED-Leuchten wie sie in modernen Gewächshäusern eingesetzt werden. Zusätzlich könnte eine maximale zusammenhängende Gebäudebreite festgelegt werden mit ggf. einem Innenhof oder sonstigem Lichtschacht, was das Eindringen von Licht unter dem Gebäude ermöglicht. Die Festlegung dieser Breite ist nicht Gegenstand dieser Studie. Da die ÖNORM nicht für den urbanen Raum konzipiert wurde, wird der Aspekt der Beleuchtung in dieser Studie nicht gesondert bewertet, sondern es wird lediglich eine weitgehend für das Pflanzenwachstum uneinschränkende Lichteinstrahlung angenommen. Wäre hingegen die Primärproduktion durch Lichtmangel beeinträchtigt, könnte der Boden seine Funktionen dauerhaft nicht erfüllen, und dieser riskiert allmählich aufgrund mangelnder Zufuhr an organischer Substanz zu degradieren, sollte diese nicht anderswertig (z.B. durch Kompost) zugeführt werden. Alternativ bzw. ergänzend dazu sollte die Möglichkeit untersucht werden, gezielt schatteltolerante Pflanzenarten einzusetzen.
- **Wasser:** Bei allen Varianten, einschließlich der bodenverbundenen und unterkellerten Bauweisen wird von einer Wasserführung und ggf. Drainage ausgegangen, welche einerseits eine ausreichende Befeuchtung des Bodens, und andererseits eine uneingeschränkte Versickerung von überschüssigem Niederschlag ermöglicht. Das Fundament ist so konzipiert, dass keine Schäden am Gebäude aufgrund der Wasserinfiltration entstehen.

## 2.4. Bodenfunktionsbewertung

### 2.4.1. Hintergrund zur Bodenfunktionsauswahl und zu ihrer Bewertung

Die Bodenfunktionen werden hier möglichst mit ihrer Bezeichnung aus der österreichischen Bodenfunktionssystematik angesprochen.

Die Auswahl der zu bewertenden Bodenfunktionen richtet sich nach dem jeweiligen Kontext der Studie und deren Ziele. Während Abbildung 3 und auch Abbildung 4 zum Ziel haben eine ausführliche Palette an Funktionen vorzustellen und dadurch die Wichtigkeit von Boden im Allgemeinen für das menschliche Wohlbefinden hervorzuheben, sind Abbildungen 16 und 17 auf fünf, für den landwirtschaftlichen Kontext ausgewählte Funktionen beschränkt.

Die Auswahl der für die vorliegende Studie zu bewertenden Bodenfunktionen richtet sich großteils nach den in der Einleitung angeführten Herausforderungen für den urbanen Raum. Der bereits hervorgehobene anthropozentrische Ansatz der Bodenfunktionsbewertung und dessen Ziel - das Wohlbefinden der Stadtbewohner\*innen - prägt somit die getroffene Auswahl besonders. Daher werden einige wichtige Bodenfunktionen wie das Standortpotential für natürliche Pflanzengesellschaften, die Kohlenstoffspeicherung oder die Archivfunktion hier nicht bewertet. Die berücksichtigten Bodenfunktionen werden in Tabelle 2 aufgelistet und begründet.

Die Lebensraumfunktion für Bodenorganismen (1.2a), die natürliche Bodenfruchtbarkeit (1.3b), die Abflussregulierung (2.1a), die Funktion als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium (3) so wie die thermische Ausgleichsfunktion (2.1c) können anhand von publizierten Methoden bewertet werden, wobei letztere nicht Teil der ÖNORM L 1076 ist. Für die Funktion als Lebensraum für Menschen wird eine eigene Bewertung vorgenommen, weil keine publizierte Methode zur Verfügung steht.

### 2.4.2. Funktionsbewertung nach publizierten Methoden

Die Bewertung der **Lebensraumfunktion** für Bodenorganismen (1.2a) erfolgte anhand der Methode des Bundesverbandes Boden (2005). Dabei wird über die Parameter Bodenfeuchte,

Bodenreaktion (ausgedrückt durch den pH-Wert), Bodenart, Bodennutzung (Acker, Grünland, Wald) sowie der Humusform die mikrobielle Biomasse (in mg C/kg) abgeschätzt und anhand dieses Kriteriums eine Einwertung durchgeführt.

Zur Abschätzung der **natürlichen Bodenfruchtbarkeit** (1.3b) verfügt das System der Finanzbodenschätzung über ein komplexes Verfahren zu deren Ermittlung. Dieses Verfahren wurde angewendet um die Ertragsfähigkeit als Kriterium für die Produktionsfunktion des Bodens zu beurteilen. Die Bodenschätzung erstellt für jede Klassenfläche (grundlegende Kartiereinheit der Schätzungskarte, innerhalb der ein Boden eine einheitliche Ertragsfähigkeit aufweist) ein Klassenzeichen, das sich aus der Bodenart, der Zustandstufe und der Entstehungsart zusammensetzt. Aus diesem Klassenzeichencode wird mithilfe des Ackerschätzungsrahmens die sogenannte **Bodenzahl** ermittelt, die ein Maß für die Bodenfruchtbarkeit innerhalb einer Wertespanne von 1-100 ist. Der Einfluss der Mächtigkeit der über dem Keller sich befindenden Bodenschicht (Vergleich Varianten mit 0,5m vs. 1m) wird mit einer Änderung der Zustandstufe berücksichtigt.

Die Teilfunktion **Abflussregulierung** (2.1a) wurde unter Heranziehung der Methode des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz (2003) bewertet. Diese bedient sich der drei Bodenwasserhaushaltsgrößen nutzbare Feldkapazität, Luftkapazität und gesättigte Wasserleitfähigkeit, die mit Hilfe der Deutschen Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA5) (Ad-Hoc-Arbeitsgruppe Boden, 2005), unter Berücksichtigung von Bodenart und Lagerungsdichte (Trockenrohdichte) und des Humus- sowie Grobbodengehaltes, ermittelt wurden.

Der Boden als **Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium** (3) wurde gemäß dem, für das Bundesland Baden-Württemberg entwickelten Verfahren (Umweltministerium Baden Württemberg, 1995) bewertet. Dabei erfolgte die Abschätzung der drei Teilfunktionen Filter und Puffer für anorganische (Schad-)Stoffe, Filter und Puffer für organische (Schad-)Stoffe und Filter und Puffer für saure Einträge unter Heranziehung der Parameter Lagerungsdichte, Grobbodenanteil, Tongehalt, Humusgehalt sowie -form und pH-Wert.

Für die Beurteilung der **thermischen Ausgleichsfunktion** (2.1c) des Bodens aufgrund seines Verdunstungsvermögens existiert kein bisher in Österreich großflächig angewendetes Bewertungsverfahren, weshalb es in der ÖNORM L 1076 und vor allem im Heft der methodischen Umsetzung der ÖNORM L 1076 (BMLFUW, 2013) auch keine eingehende Auseinandersetzung mit einem solchen gibt. Allerdings wurde von der Universität Hohenheim unter der Bezeichnung Cooling-factor eine Methode publiziert (Lehmann et al., 2013), die im gegenständlichen Projekt zur Anwendung kam. Eingangparameter dafür sind folgende: nutzbare Feldkapazität, Grobbodengehalt, mittlere monatliche Niederschlagssumme, mittlere monatliche Lufttemperaturen um 13 Uhr MEZ, mittlere monatliche relative Luftfeuchtigkeit um 13 Uhr MEZ und verschiedene Konstanten. Klimadaten wurden jene der Stationen auf der Hohen Warte sowie in Wien/Donaufeld verwendet. ANMERKUNG: Aufgrund der Tatsache, dass diese Methode in Österreich noch nie zur Anwendung kam, gibt es auch keine Erfahrungen hinsichtlich der Validität der dadurch erzielbaren Ergebnisse.

Der **Einfluss der unterschiedlichen Fundamente** auf diesen Funktionen wird anhand von zwei Faktoren berechnet:

- **Die Oberfläche, welche von der Infrastruktur in Anspruch genommen wird**, und zu einer Bodenversiegelung führt. Diese beträgt 100 % bei den Szenarien A1 bis A4, B1 sowie C1, und 20 % bei allen übrigen Szenarien.
- **Die Tiefe des Kellers:** Um die Szenarien mit dem 0,5m tiefen Keller (B2, C2, Abbildung 21) zu bewerten wurden nur die ersten 50cm des Referenzbodenprofils herangezogen (Horizontabfolge: A1p, A2, Acv). Für die Variante ohne Keller (Zeile 4, Abbildung 21) entsteht kein Unterschied zum 1m tiefen Keller (Szenarien B3, C3, Abbildung 21), da sich die Bewertungen auf den ersten Meter beziehen. Somit B3 = B4 und C3 = C4.

Wichtig ist festzuhalten, dass die Bewertung nach den publizierten Methoden das *Potenzial* der

Fläche berücksichtigt, und nicht die tatsächliche Nutzung. Deshalb werden die oben genannten Voraussetzungen zu Licht und Wasser berücksichtigt.

Der Einfluss der Fundamente kann nur dort quantifiziert werden, wo die Bewertung anhand von Zahlen erfolgt. Die Funktion **Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium** wird auf einer 5-Punkten Skala bewertet, was keine sinnvolle Quantifizierung zulässt. Deshalb wird der Einfluss des Fundaments auf diese Funktion nicht explizit bewertet, wobei zu erwarten ist, dass sich das Ergebnis etwa in dem gleichen Ausmaß wie z.B. die Abflussregulierung verändern wird.

### 2.4.3. Bewertung der Lebensraumfunktion für Menschen (eigene Bewertung)

Keine Methode wurde bisher publiziert um die Funktion *1.1 Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen* der öst. Bodenfunktionssystematik (bzw. die Funktion als *Plattform für menschliche Aktivitäten* aus Abbildung 4) zu bewerten, so dass hier eine eigene Herangehensweise entwickelt werden musste.

Um Klarheit zwischen den verschiedenen Lebensräumen zu schaffen (siehe Kapitel 1.3.1), Überlappungen zu vermeiden sowie mögliche additive Effekte zu erlauben, erscheint eine gesonderte Bewertung von Teilfunktionen als sinnvoll. Es wurden vier Teilfunktionen wie folgt definiert:

- (1) **„Träger für Wohnraum oder Büros“** Diese Teilfunktion berücksichtigt Innenräume ab Ebene 1. Die Bewertung erfolgt auf einer einfachen binären Skala unter der Voraussetzung, dass es sich um ein mehrstöckiges Gebäude handelt: entweder es gibt kein Gebäude (Ergebnis = 0, bzw. 0%) oder die Fläche ist bebaut (Ergebnis = 1, bzw. 100%).
- (2) **„Träger für Gewerbefläche im Erdgeschoss“** Da sich die Studie mit Fundamenten und im weiteren Sinne mit der Schnittschnelle zwischen dem Gebäude und dem Boden befasst, wird hiermit die durchaus übliche und sinnvolle Nutzung des Erdgeschosses für z.B. Wirtshaus/Restaurant, Verkaufsfläche, Büro mit Kundenverkehr, etc. gesondert betrachtet. Diese Funktion wird als Anteil der bebauten Fläche bewertet, welcher für die Ausübung der Gewerbetätigkeit zur Verfügung steht. Es ist die Gebäudefläche abzüglich der Mindestinfrastruktur (Einfahrt, Eingangsbereich für Lift und Stiegenhaus, und Strukturelemente) und ist hier mit 80 % beziffert (siehe Kapitel 2.2.3). Anmerkung: Obwohl hier auf die gesonderte Stellung der Gewerbenutzung eingegangen wird (Alleinstellungsmerkmal des Erdgeschosses), ist eine Nutzung als Wohnraum natürlich auch möglich.
- (3) **„Träger für täglich und kostenlos zugänglichen, naturnah gestalteten und witterungsgeschützten Freiraum“**. Dieser Lebensraum berücksichtigt das menschliche Bedürfnis, sich abseits von Innenräumen zu bewegen. Die Erfüllung dieser Teilfunktion setzt einer entsprechenden Flächengestaltung mit u.A. unversiegeltem Boden und Begrünung voraus, und unterscheidet sich aufgrund des Witterungsschutzes von einem nicht überdachten Innenhof, Garten oder Park. Relevant ist hier außerdem die Möglichkeit der Nutzung als Begegnungs- und Bewegungszone mit den damit einhergehenden sozialen und gesundheitlichen Vorteilen. **Diese Funktion überschneidet sich mit der Produktionsfunktion (natürliche Bodenfruchtbarkeit): da die Bewertung der natürlichen Bodenfruchtbarkeit laut ÖNORM den Zugang zur Fläche (Vergleich 50 cm aufgeständert vs. freie EG-Zone) nicht berücksichtigt, kommt bei dieser Bewertung die Möglichkeit zum Ausdruck, die Fläche tatsächlich auch als urbanen Garten für z.B. Lebensmittelproduktion zu nutzen.** Bewertet wird diese Funktion direkt anhand der Fläche, welche frei von Infrastruktur ist (80 %). Ein positives Ergebnis kann nur bei den Varianten vergeben werden, welche einen unengeschränkten Aufenthalt unter dem Gebäude erlauben (freie EG-Zone, Spalte C in Abbildung 21). Ansonsten ist das Ergebnis 0 %. Für die Referenzfläche ist das Ergebnis 0 %, da es sich um keine witterungsgeschützte Fläche handelt.

- (4) **„Träger für natürlich gestalteten oder naturbelassenen Freiraum“** Diese Teilfunktion bezieht sich auf eine unversiegelte und nicht überdachte Fläche wie z.B. einen Park, einen Garten. Es beschreibt in dem Sinne auch die Referenzfläche vor der Bautätigkeit und dient dem Vergleich der Funktionsausprägung als Träger für Freiraum vor und nach der Bautätigkeit. Vorausgesetzt wird hier der freie Zugang zur Fläche zu Erholungszwecke. Anmerkung: Agrarflächen erfüllen diese Teilfunktion nur bedingt.

**Tabelle 2: Zu bewertende Bodenfunktionen.**

Bodenfunktion (lt. Österr. Systematik)	Teilfunktion	Funktion aus Abbildung 4	Begründung und Kommentare	Methode, bzw. Bewertungskriterien
1.2a Lebensraum für Bodenorganismen		Lebensraum, biodiversität	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Methoden aus der ÖNORM bewertet die Lebensraumfunktion für Mikroorganismen auf Basis des organischen Kohlenstoffgehalts</li> </ul>	Bundesverband Boden (2005) <sup>a</sup>
1.3b Natürliche Bodenfruchtbarkeit		Biomasseproduktion	<ul style="list-style-type: none"> <li>Biomasseproduktion ist für die Bodengesundheit essenziell, sowie für andere Funktionen wie die thermische Ausgleichsfunktion</li> <li>Eine Einschränkung entsteht in Interaktion mit der Teilfunktion von Lebensraum für Menschen „Träger für witterungsgeschützten Freiraum“: unter 50-cm aufgeständerten Fundamenten ist Biomasseproduktion zwar möglich, aber aufgrund der Unzugänglichkeit können andere damit verbundene Vorteile nicht realisiert werden, wie z.B. Schaffung grüner Fläche, Fläche für urbane Gärtnerei. Diese Aspekte fließen bei der Bewertung der Teilfunktion „Träger für witterungsgeschützten Freiraum“ mit ein</li> </ul>	Bodenzahl laut Finanzbodenschätzung <sup>a</sup>
2.1a Abflussregulierung		Filter, Transformation, Puffer	<ul style="list-style-type: none"> <li>Boden funktioniert als Puffer, um Oberflächenabfluss und Hochwasser zu verhindern, und um die Vegetation in trockenen Perioden zu versorgen (Interaktion mit Produktionsfunktion und Lebensraumfunktion)</li> </ul>	Bayerischer Landesamt für Umweltschutz (2003) <sup>a</sup>
3 Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium	3.1), 3.2), 3.3) s. öst. Systematik	Filter, Transformation, Puffer	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Methode ist verfügbar und dient dem Vergleich. Die drei Teilfunktionen werden berücksichtigt: Puffer für org. und anorg. Schadstoffe, und Puffer für Saure Einträge</li> </ul>	Umweltministerium Baden Württemberg, (1995) <sup>a</sup>
2.1c Thermische Ausgleichsfunktion / „Cooling Factor“		Filter, Transformation, Puffer	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es handelt sich hier nicht um die Regulierung von Treibhausgasen, sondern um einen lokalen Effekt (Mikroklima) aufgrund der Verdunstung. Auch Evapotranspiration genannt, setzt sich diese aus (direkter) Evaporation durch den Boden, und aus Transpiration durch die Vegetation zusammen, und trägt zur Regulierung von Temperatur bei</li> <li>Diese Funktion hängt mit den Funktionen Abflussregulierung sowie natürliche Bodenfruchtbarkeit zusammen.</li> </ul>	Lehmann et al., (2013)
1.1 Lebensgrundlage und Lebensraum für den Menschen	Träger für Wohnraum oder Büros	Plattform für menschliche Aktivitäten	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ausprägung von infrastrukturabhängigen Teilfunktionen des Lebensraums für Menschen müssen mitbewertet werden um zu beurteilen inwiefern sich auf den</li> </ul>	= 0 (0%) wenn kein Gebäude oder 100 (100%) wenn bebaut <sup>b</sup>

			<p>natürlichen Bodenfunktionen auswirken.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ziel ist, diese Teilfunktionen mit den anderen Bodenfunktionen möglichst zu vereinbaren.</li> </ul>	
	Träger für Gewerbefläche im Erdgeschoss	Plattform für menschliche Aktivitäten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EG kann zwar als Freiraum gestaltet werden, aber es entsteht u.U. ein Nutzungskonflikt mit der gewerblichen Nutzung</li> </ul>	Anteil der infrastrukturfreien, für das Gewerbe zur Verfügung stehenden Gebäudefläche (80 %) <sup>b</sup>
	Träger für täglich und kostenlos zugänglichen, naturnah gestalteten und witterungsgeschützten Freiraum (Kurz: Träger für witterungsgeschützten Freiraum)	Plattform für menschliche Aktivitäten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Begründet wird diese enge Definition damit, dass ein solcher Raum in der Stadt von besonderem Wert ist</li> <li>• In der Bewertung fließt die Option mit ein, die Fläche als urbane Gärtnerei zu verwenden, welche bei der Bewertung der Produktionsfunktion (natürliche Bodenfruchtbarkeit) nicht mitberücksichtigt wird (nur <i>Potenzial</i> der Fläche).</li> </ul>	<p>= Anteil der Infrastrukturfreien nicht versiegelten Gebäudefläche (80 %)</p> <p>Kann nur bei freier, zugänglicher EG-Zone positiv sein <sup>b</sup></p>
	Träger für natürlich gestalteten oder naturbelassenen Freiraum	Plattform für menschliche Aktivitäten		<p>Anteil der nicht bebauten Fläche (entspricht Referenzfläche, Park, etc.) = 100 % vor der Bautätigkeit; ansonsten = 0 <sup>b</sup></p>

<sup>a</sup> Teil der ÖNORM L 1076

<sup>b</sup> eigene Bewertung

### 3. Ergebnisse

#### 3.1. Bewertung der Referenzfläche

Hinsichtlich der **Lebensraumfunktion** wurde ein Erwartungswert für die mikrobielle Biomasse von 180-320 mg C/kg Boden ermittelt. Dies entspricht einem durchschnittlichen Niveau und kommt daher einem mittleren Funktionserfüllungsgrad als Habitat für Bodenorganismen gleich. Der Erwartungswert für die Regenwurmbiomasse beträgt 20-60 g/m<sup>2</sup> (Bundesverband Boden, 2005).

Die **natürliche Bodenfruchtbarkeit** wird von einer Reihe Faktoren beeinflusst, deren Komplexität durch das Verfahren der amtlichen Bodenschätzung eingefangen wird. Aus der Bodenart unseres Modellbodens (stark sandiger Lehm), einer Zustandsstufe (Summenparameter aus den unterschiedlichen Eigenschaften wie Humusgehalt, Wassereinfluss etc.) von 2 (insgesamt gibt es 7 Klassen), und der Entstehungsart (Löss) wurde eine Bodenzahl von 72 Punkten ermittelt. Dies entspricht im österreichweiten Vergleich einem sehr guten landwirtschaftlichen Ackerboden, weshalb das Potential des Bodens bezüglich dieser Produktionsfunktion als sehr hoch bewertet wurde.

Ebenfalls eine sehr hohe Funktionserfüllung erzielt der Modellboden bei der Betrachtung der **Abflussregulierung**. Aufgrund seiner hohen nutzbaren Feldkapazität von 237 mm bzw. seiner Feldkapazität von 382 mm und einer mittleren gesättigten Wasserdurchlässigkeit von 20,8 cm/d ist der Boden sehr gut in der Lage Niederschlagswasser infiltrieren zu lassen und zwischenzuspeichern. Dieses zwischengespeicherte Wasser kann damit für die Versorgung der Vegetation dienen oder über dessen Verdunstung zu einer Abkühlung der Umgebungsluft beitragen.

Die **Filter- und Pufferwirkung** des Bodens gegenüber Schadstoffen ist im Mittel als hoch zu bewerten. Vor allem die hohen pH-Wert können zu einer Pufferung von sauren atmosphärischen Einträgen beitragen und die Mobilisierung von anorganischen Schadstoffen (Schwermetallen) reduzieren. Die mäßig hohen Gehalte an organischer Substanz als Lebensgrundlage für das Bodenleben verhindern ein Erreichen einer vollen Wirksamkeit der Transformationswirkung des Bodens gegenüber organischen Schadstoffen, weshalb gem. dem Bewertungsverfahren insgesamt keine sehr hohe, sondern „nur“ eine hohe Gesamtfunktionserfüllung erreicht wird.

Der **Cooling-factor** zielt auf die Wasserspeicherkapazität des Bodens ab, da aus diesem Speicher Wasser verdunsten kann und dabei der Umgebungsluft dafür notwendige Energie entzogen wird – womit ein Abkühlungseffekt einhergeht. Aus diesem Grund ist die Schlüsselgröße des Bewertungsverfahrens die Verdunstungsleistung, die für die Zeitspanne eines Jahres mit 481 mm (bzw. l/m<sup>2</sup>) berechnet wurde. Umgerechnet in Energieeinheiten bedeutet dies eine Jahreskältearbeit von 1.188 MJ. Diese Energiemenge steht zur Verfügung um in Hitzephasen, eine ausreichend vorhandene Bodenfeuchte vorausgesetzt, zu einer Abkühlung beizutragen. ANMERKUNG: Die ermittelte Jahresverdunstungsmenge von 481 mm erscheint für die in Wien herrschenden klimatischen Bedingungen zu gering zu sein. Wie schon an früherer Stelle angeführt, liegt dies vermutlich an der Berechnungsmethode, die gegebenenfalls für das pannonisch beeinflusste Klima Ostösterreichs nur bedingt geeignet ist.

**Tabelle 3: Bodenfunktionsbewertung bei der Ausgangssituation (Referenzfläche) mit der gewählten Modellbodenform (Tschernosem aus Löss).**

Bodenfunktion	Bewertung	Details zur Bewertung
Lebensraumfunktion	mittel	Mikrobielle Biomasse: 180-320 mg C/kg Boden
Natürliche Bodenfruchtbarkeit (Produktionsfunktion)	sehr hoch	SL 2 Lö (Bodenzahl 72 lt. Ackerschätzungsrahmen)
Abflussregulierung	sehr hoch	Feldkapazität: 382 mm; nutzbare Feldkapazität: 237 mm; kf-Wert: 20,8 cm/d
Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium (Filter und Pufferfunktion)	hoch	Bzgl. anorganischer Schadstoffe hoch, organischer Schadstoffe mittel, saurer Einträge sehr hoch
Thermische Ausgleichsfunktion (Cooling factor)	gering	Jahresverdunstungsleistung: 481 mm; Jahreskältearbeit: 1188 MJ

### 3.2. Auswirkungen der Fundamentbeschaffenheit auf die Bodenfunktionen

Die Ergebnisse in Tabelle 4 zeigen, dass bei einem konventionellen Gebäude (Boden verbunden, Szenarien A1-A4), so wie bei B1 und C1, bis auf die klassischen Teilfunktionen des Lebensraums für Menschen (Wohnen, Gewerbe) alle sonstigen Bodenfunktionen zur Gänze unterdrückt werden (vgl. Abbildung 18, Beispiel a). Die Variante C1 bekommt außerdem in Summe aufgrund der hier angenommenen nicht-Nutzung des Erdgeschosses die niedrigste Bewertung.

Hingegen bleibt bei allen anderen Varianten zumindest ein Teil der natürlichen Bodenfunktionen aufrecht.

So erzielen die Varianten B3 und B4 sowie C3 und C4 die höchsten Ergebnisse aufgrund der Nutzung des Erdgeschosses, entweder als Gewerbefläche oder als Freiraum, und der weitgehend erhaltenen natürlichen Bodenfunktionen. Die in Tabelle 4 angegebene Summe dient dem relativen Vergleich der Szenarien. Dieser Vergleich ist nur kontextbezogen zu ziehen, da die Auswahl der Bodenfunktionen nach anthropozentrischen Kriterien, für den urbanen Kontext und mit dem Ziel des menschlichen Wohlbefindens getroffen wurde. Deshalb erreichen diese Varianten in Summe 500 Punkte, genau so viel wie die Referenzfläche.

Die Bewertung der natürlichen Bodenfruchtbarkeit laut Ackerschätzungsrahmen für die Varianten B2 und C2 berücksichtigt die geringere Mächtigkeit des Bodens (nur 0,5 m Boden über dem Keller, statt 1 m). In dem Fall wurde die Zustandsstufe des Bodens von 2 auf 4 herabgesetzt, und dadurch reduzierte sich die Bodenzahl des Referenzprofils von 72 auf 51 (-29%).

Das Ergebnis der thermischen Ausgleichsfunktion für die Varianten B2 und C2 steht nicht in Relation zu der um 50% geringeren Bodenmächtigkeit im Vergleich zu den Varianten B3 und C3. Dies liegt ebenso wahrscheinlich an der für das pannonisch beeinflusste Klima Ostösterreichs ungeeigneten Methode.

Details zu den Berechnungen für Tabelle 4 sind im Anhang 2 zu finden.

**Tabelle 4: Bewertungsergebnisse der ausgewählten Szenarien. Die Referenzfläche ist weder eine versiegelte noch überdachte Fläche (z.B. Garten, Park, Innenhof). Die Bewertung bezieht sich auf Teilfläche des Grundstücks, welche vom Gebäude beansprucht wird. Bewertung nach ÖNORM und erweiterte Bewertung, mit jeweils definierten Voraussetzungen laut Methodenbeschreibung. Die Summe dient dem relativen Vergleich der Szenarien anhand der ausgewählten Bodenfunktionen. Der Vergleich ist kontextbezogen und gilt für den städtischen Raum, d.h. mit ausgeprägt anthropozentrischer Bewertungsgrundlage.**

Szenario Fundament <sup>a</sup>	ÖNORM L 1076				Eigene Bewertung: Lebensraum für Menschen				Gesamtbewertung <sup>c</sup>
	Lebensraum f. Boden- organismen	Natürliche Boden- fruchtbarkeit	Abfluss- regulierung	Thermische Ausgleichs- funktion / „Cooling Factor“	Träger für Wohnraum / Büros (E1- E6)	Träger für Gewerbefläche im EG	Träger für witterungs- geschützten Freiraum <sup>b</sup>	Träger für nicht witterungs- geschützten Freiraum <sup>b</sup>	
	Einheit	% von Referenzfläche	% von Referenzfläche	% von Referenzfläche	% von Referenzfläche	% der maximalen Ausprägung	Infrastruktur- freier Anteil der EG-Fläche (%)	Infrastrukturfreier & unversiegelter Anteil der zugänglichen überdachten Fläche (%)	
Referenz	100	100	100	100	0	0	0	100	500
A1	0	0	0	0	100	80	0	0	180
A2	0	0	0	0	100	80	0	0	180
A3	0	0	0	0	100	80	0	0	180
A4	0	0	0	0	100	80	0	0	180
B1	0	0	0	0	100	80	0	0	180
B2	80	56	42	72	100	80	0	0	430
B3	80	80	80	80	100	80	0	0	500
B4	80	80	80	80	100	80	0	0	500
C1	0	0	0	0	100	0	0	0	100
C2	80	56	42	72	100	0	80	0	430
C3	80	80	80	80	100	0	80	0	500
C4	80	80	80	80	100	0	80	0	500

<sup>a</sup> Für Szenarienkürzel siehe Abbildung 21

<sup>b</sup> genaue Bezeichnung: siehe Methoden Kapitel 2.4.3

<sup>c</sup> Summe der erzielten Punkte für jede (Teil-)Bodenfunktion Die Summe dient dem relativen Vergleich zwischen den Varianten innerhalb dieser Studie, und ist Abhängig von der kontextbezogenen Auswahl der zu bewertenden Funktionen.

## **4. Diskussion**

### **4.1. Mut zur Lücke, zwischen getroffenen Annahmen und methodischen Grenzen**

Im Zuge der Arbeit wurde offensichtlich, dass um die Forschungsfragen zu beantworten eine klare Festlegung von Rahmenbedingungen notwendig ist. Eine Einschränkung liegt darin, dass die herangezogenen publizierten Methoden für Bodenfunktionsbewertung nicht für den bebauten urbanen Raum entwickelt wurden, und deshalb mehrere Annahmen als Voraussetzung getroffen werden mussten (Kapitel 1.5) um die Bewertungen durchführen zu können.

Da die Erfüllung vieler Bodenfunktionen wesentlich vom Pflanzenwachstum abhängt und der durch das Gebäude entstehende Schatten in keiner Methode berücksichtigt ist, war es notwendig anzunehmen, dass bei den aufgeständerten Varianten (50-cm und freies EG) das Pflanzenwachstum unter dem Gebäude nicht aufgrund von zu geringer Lichtversorgung eingeschränkt wird. Die Vertretbarkeit dieser Annahme beruht auf der technischen Möglichkeit, das Sonnenlicht über Spiegel dorthin zu lenken, und / oder die Lichteinstrahlung durch LEDs zu ergänzen. Dass damit ein einwandfreies Pflanzenwachstum erfolgen kann, zeigt die moderne Glashaushausproduktion. Die damit verbundenen Anschaffungs-, Betriebs- und Wartungskosten werden hier weder berücksichtigt noch geschätzt. Eine Alternative besteht auch darin, schattentolerante Pflanzen auszuwählen.

Im Bezug auf Wasser wurde vorausgesetzt, dass Niederschlag in den Boden eingeleitet wird und dass überschüssiges Wasser in allen Bauvarianten frei versickern kann, so dass keine Stauzone entsteht. Dies ist konstruktiv durch Drainage und/oder Versickerungsschächte möglich.

Bei der Bewertung der thermischen Ausgleichsfunktion gibt es zusätzlich spezifische Einschränkungen. Die Methode wurde noch nicht in Österreich angewendet, und das Verdunstungspotenzial unter pannonischem Klimaeinfluss wird möglicherweise unterschätzt. Eine weitere Einschränkung der Methode ist, dass das Mikroklima unter dem Gebäude nicht berücksichtigt wird: im Vergleich zur Referenzfläche wird eine geringere Verdunstung aufgrund des schattigen, und daher kühleren Mikroklimas erwartet. Zudem wird aufgrund des geringeren Luftaustauschs unter den 50-cm aufgeständerten Varianten eine Einschränkung der Kühlungsleistung für die Umgebung erwartet. Wechselwirkungen mit der vorausgesetzten Ausstattung mit LEDs für Pflanzenwachstum und der damit entstehenden Wärme sind auch zu erwarten. Die Ausstattung mit Lüfter, um den Luftaustausch zu garantieren und so dem Kühlungseffekt einer nicht überdachten Fläche näher zu kommen, wäre mit einem geringen technischen Aufwand umsetzbar. Solche Effekte können jedoch erst nach einer umfangreichen Methodenentwicklung berücksichtigt werden.

Schließlich wurde auch versucht die Lebensraumfunktion für Menschen zu bewerten, wofür es keine publizierte Methode gibt. Trotz Versuch einer klaren Definition von Teilfunktionen, musste die Bewertung anhand einfacher Kriterien durchgeführt werden (siehe Kapitel 2.4.1).

### **4.2. Berücksichtigung spezifischer Bedürfnisse und Potenziale für den urbanen bebauten Raum**

#### **4.2.1. Das Potenzial, Bodenfunktionen im urbanen Raum zu kombinieren**

In der Einleitung wurde die Möglichkeit besprochen, Bodenfunktionen durch Nutzungsänderung, Design und Management zu verbessern oder neue Funktionen einzuführen, ohne die anderen, zuvor gegebenen Bodenfunktionen völlig zu unterdrücken. Die Ergebnisse zeigen, wie dieser Ansatz im Rahmen der Baubranche zum Ausdruck kommen könnte: Im Vergleich zur Referenzfläche kann bei den aufgeständerten Varianten (Spalten B und C, Zeilen 2-4

in Abbildung 21) bestimmte Teilfunktionen der Lebensraumfunktion für Menschen eingeführt werden, ohne dass wie bei Spalte A, sowie B1 und C1 (Abbildung 21) alle anderen natürlichen Funktionen zunichte gemacht werden (Tabelle 4).

Ebenso wenig in herkömmlichen Methoden berücksichtigt, ist die Option der Zwischenspeicherung von Niederschlagsspitzen im Gebäude. Wird diese berücksichtigt, ergibt sich die Möglichkeit, den Wassergehalt des Bodens zu optimieren um die davon abhängigen Funktionen (nahezu alle Funktionen, insbesondere für diese Studie die Produktion- und Kühlungsfunktion, und daraus abgeleitet die Lebensraum(teil)funktion für Menschen bei EG-freien Zonen) zu verbessern, indem sowohl Wasser Über- als auch Unterversorgung reguliert werden. Überschüssiges Wasser das versickern würde könnte auf dieser Weise für Bewässerung in trockenen Perioden genutzt werden. Obwohl der Ansatz der Wasserzwischenspeicherung die Art des Fundaments nicht betrifft, kann dieser nur in Kombination mit den aufgeständerten Fundamenten eine Rolle spielen. Dies zeigt welche Möglichkeiten sich öffnen, wenn der Boden bei der Planung mitberücksichtigt wird, und ist im Sinne der Bodenfunktionsmaximierung mit darauf hin gerichtetem Design und Management (Abbildung 18). Dieses Beispiel zeigt auch, wie die Baubranche zu einem neuen Trend in der Stadt- und Raumplanung beitragen könnte: wenn früher das Ziel galt Wasser so schnell wie möglich abfließen zu lassen, zeigen neue Ansätze wie das in Wien entwickelte und getestete Schwammstadtprinzip, oder diverse geplante Maßnahmen im Kontext des EU-Renaturierungsgesetzes, dass im Gegenteil eine Entschleunigung der Wasserbewegungen durch die Landschaft immer mehr an Bedeutung gewinnen wird.

Einen Mehrwert für die Stadt bieten die freien EG-Zonen als Freiraum (genaue Definition siehe Kapitel 2.4.3 bzw. Tabelle 2): Aufgrund des Witterungsschutzes durch das Gebäude und durch die Möglichkeit, einen Teil der Fläche mit Glaswänden und -türen abzuschließen, kann für Schlechtwetter und besonders im Winter wichtiger Freiraum geschaffen werden (ähnlich einem Wintergarten) der als Bewegungs- und Begegnungszone dient. Die Möglichkeit zu gärtnern und Lebensmittel anzubauen ist in der freien EG-Zone gegeben, wobei es nicht darum geht, die klassische Lebensmittelversorgung zu ersetzen, sondern vielmehr darum, Erlebnisse zu ermöglichen und in einem gewissen Ausmaß die Gesundheit zu fördern.

#### **4.2.2. Der Keller ist nicht der Killer**

Die Möglichkeit Fahrzeuge abzustellen ist in der Bauordnung verankert und der Untergrund ist dafür ein beliebter Platz, weil eine Tiefgarage keine typischen Merkmale für Wohnraum wie z.B. ausreichende Lichtverhältnisse aufweisen muss. Im Untergrund verbessert die Garage außerdem die Landschaft, weil die Autos völlig aus der Sicht verschwinden.

Eine logische Annahme wäre, dass sobald ein Keller gebaut wird, alle natürlichen Bodenfunktionen so wie bei einer bodenverbundenen Bauvariante, neutralisiert werden. Für die Erfüllung der Bodenfunktionen ist jedoch im Wesentlichen nur der erste Meter unter der Oberfläche von Bedeutung. Mit der Option, den Keller tiefer zu setzen und darüber eine Schicht Boden wiederaufzubauen (Zeilen 2 und 3 in Abbildung 21) eröffnen sich viele Möglichkeiten für die Gestaltung der Gebäude im Sinne der Maximierung der Bodenfunktionen. Denn dadurch muss nicht auf den durchaus üblichen, wenn nicht sogar essenziellen Keller verzichtet werden, was die Bereitschaft von Eigentümer\*Innen erhöhen sollte, bodenfunktionsorientierte Bauweisen zu implementieren.

Die Tiefe der Bodenschicht sollte idalerweise mindestens 1m betragen. Tiefere Schichten können von Vorteil für die Vegetation sein, weil viele Pflanzen mit ihren Wurzeln tiefer reichen (Canadell et al., 1996).

### 4.3. Verbindung mit Boden schaffen

Mit der Funktion «Lebensraum für Menschen» kann aufgrund des vermehrten Kontakts mit unversiegeltem Boden in der Wohnumgebung auf das Potenzial hingewiesen werden, Bewusstsein für Boden in der Stadt zu schaffen. Dies kann indirekt, aufgrund der entstehenden Verbindung zum Boden, zur Verbesserung von Bodenfunktionen sowohl innerhalb als auch außerhalb der Stadtgrenze beitragen (Ball et al., 2018), z.B. durch Milderung von bodenschädigenden Verhaltensmustern.

Der Ansatz dient im weiteren Sinne der EU Bodenstrategie und der Mission Soil mit dem Ziel der „soil literacy“ (European Commission, 2021). In einem Gesamtkonzept könnte darauf aufbauend vermehrt auf Bewusstseinsbildung über die Wichtigkeit des Bodens eingegangen werden (Brevik et al., 2022).

### 4.4. Funktionsverdrängung und mögliche Nachteile einzelner Szenarien

Die freien EG-Zonen stehen trotz ihrer Vorteile in Konkurrenz zu anderen Nutzungsarten:

- Aufgrund der üblichen Nutzung von Erdgeschoßen als Betriebsfläche (Geschäfte, Büros, Restaurants, Kindergärten, etc., siehe z.B. Abbildung 13) werden freie EG-Zonen nicht überall die erste Wahl sein. Es gibt somit eine Konkurrenz bzw. Inkompatibilität mit der Teilfunktion «Träger für Gewerbefläche im Erdgeschoss». Dies zeigt das Ergebnis in Tabelle 4, wo entweder die eine oder die andere Teilfunktion zum Ausdruck kommt. Gemischte Bauvarianten sind ein möglicher Lösungsansatz, wo ein Teil der EG-Zone frei bleibt und z.B. als Alternative zu einem Schanigarten oder Gastgarten für ein Wirtshaus dienen kann.
- Auch sind die freien EG-Zonen als naturnah gestalteter Freiraum kein Ersatz für nicht-überdachte Freiräume: die begrenzte Höhe schränkt das Wachstum von Bäumen ein, und die ggf. technisch zugefügte Beleuchtung ist kein Ersatz für direkte Sonneneinstrahlung. Das Ergebnis in Tabelle 4 zeigt die Inkompatibilität zwischen diesen zwei Teilfunktionen. Grüne Dächer (hier oberhalb von E1 – E6) eröffnen eine zusätzliche Option zur Kompatibilität zwischen der Teilfunktion «Träger für Wohnraum / Büros (E1-E6)» und je nach Gestaltung und Zugänglichkeit (siehe Abbildung 12) mit den Teilfunktionen «Träger für natürlich gestalteten oder naturbelassenen Freiraum», oder eben auch «Träger für täglich und kostenlos zugänglichen, naturnah gestalteten und witterungsgeschützten Freiraum». Um die Bodenfunktionen zu maximieren, sollte ggf. der Bodenaufbau (bzw. das Substrat) mit der Zielsetzung einer hohen Wasserhaltekapazität hergestellt bzw. gewählt werden, anders als bei vielen Begrünungen, welche auf eine hohe Wasserleitfähigkeit ausgelegt sind.

In der Bewertung werden außerdem einige mögliche Nachteile der aufgeständerten, unversiegelten Bauvarianten nicht berücksichtigt:

- In den 50-cm aufgeständerten Varianten (Spalte B, Abbildung 21) müssen besondere Vorkehrungen gegen unkontrollierten Pflanzenbewuchs (mit z.B. Mähroboter), Ansammlung von Abfall, Ungeziefer etc. in dem schwer zugänglichen Unterbau getroffen werden.
- Auch die Varianten mit freier EG-Zone (Spalte C, Abbildung 21) bringen einen zusätzlichen (vor allem gärtnerischen) Wartungsaufwand mit sich.
- Es ist fraglich, inwiefern eine zur Gänze unversiegelte Fläche bei freien EG-Zonen möglich und sinnvoll ist. Für z.B. Barrierefreiheit ist ein Belag erforderlich, welcher einen uneingeschränkten Zugang ermöglicht, und allgemein ist ein Minimum an Wegen notwendig, welche zumindest mit Kies bedeckt werden sollen.
- Für die Bauweisen mit Keller (0,5 oder 1m tief, Varianten B2, B3, C2, C3) muss im Zuge der Baustelle der Boden zwischengelagert werden, was mit logistischem Aufwand und Kosten verbunden ist.

Hier bedarf es einer Abwägung der Vor- und Nachteile durch alle Stakeholder (Stadt, Eigentümer\*Innen, Hausverwaltungen, Bürger\*Innen...) um über die Entstehung solcher Bauweisen zu entscheiden, und mit den damit verbundenen Konsequenzen umgehen zu lernen. Wahrscheinlich müssen darüber hinaus weitere Details berücksichtigt werden, welche in dieser Studie nicht erwähnt wurden.

## **4.5. Implikationen der Bodenfunktionsbewertung für die Stadtentwicklung**

### **4.5.1. Lebensraumfunktion? Trägerfunktion?**

Das Einbeziehen der Trägerfunktion in der Bewertung ist für den urbanen Kontext relevant, aber es ist ein gewagter Schritt. Für diese Studie wurden vier Teilfunktionen der Lebensraumfunktion für Menschen so definiert, dass keine Überlappungen entstehen und dass Funktionsaddition bzw. -kombinationen möglich sind (siehe z.B. Kapitel 4.2.1).

So birgt die vorgenommene Bewertung dieser Funktionen die Gefahr, dass der Eindruck entsteht, es könne jede Fläche ohne wesentlichen Impact auf die Umwelt bebaut werden. Die Definition der Teilfunktion „Träger für täglich und kostenlos zugänglichen, naturnah gestalteten und witterungsgeschützten Freiraum“ bedeutet nicht, dass es sich um einen natürlichen Raum handelt. Es wird hier vor allem die Möglichkeit berücksichtigt den in der Stadt lebenden Menschen einen zusätzlichen Lebensraum zu bieten, welcher aufgrund seiner naturnahen Gestaltung (begrünt und ohne Bodenversiegelung) zu ihrem Wohlbefinden beitragen kann. Es handelt sich also um keinen Lebensraum für z.B. Wildtiere. Ebenso wenig wird eine Biodiversität auf dieser Fläche zu finden sein, die mit jener eines natürlichen Raums, wie z.B. der eines Naturparks vergleichbar ist. Andere Gegebenheiten der städtischen Umgebung, wie Lichtverhältnisse und Geräusche (bzw. Lärm), sprechen auch jedenfalls dagegen.

Auch sind unter dem Gebäude die Bedingungen, wie z.B. die Lichtverhältnisse oder das Flächenausmaß für Bewegung, anders als in einem freien Raum wie etwa ein (städtischer) Park, so dass hier auch kein vollkommener Ersatz für herkömmliche Erholungsräume im Freien geschaffen wird.

### **4.5.2. Implikationen jenseits des Fundaments und des Gebäudes**

Wird der Impact eines Gebäudes auf die Bodenfunktionen, wie in dieser Studie, nur auf die eigentliche Gebäudefläche bezogen, können die Ergebnisse den Eindruck hinterlassen, dass mit entsprechendem Gebäudedesign eine Ausbreitung der Baulandwidmung mit einem geringen Impact auf die Böden zugelassen werden könnte.

An dieser Stelle muss das Gebäude im Kontext gebracht werden: die Erweiterung der Baulandwidmung bedeutet nicht nur, dass Fläche durch Gebäude beansprucht wird, sondern dass gleichzeitig der Bedarf an Infrastruktur erhöht wird, in erster Linie für den Verkehr. In Tabelle 1 ist es ersichtlich, dass selbst in den dichtesten Wiener Bezirken der Anteil der Gebäude an der versiegelten Fläche nicht mehr als ca. 50-60% beträgt. Und je weitläufiger und dünner besiedelt die Gebiete sind, desto höher wird der Anteil der Verkehrsinfrastruktur.

Somit soll das hier auf die Gebäudefläche bezogene Ergebnis insofern relativiert werden, dass auch in Zukunft die gute Praxis in der Stadtplanung mit einem sparsamen Umgang mit Flächenbeanspruchung einhergehen wird müssen. Nur so können die aktuell gültigen nationalen und internationalen Bestrebungen bezüglich einer Reduktion der Bodeninanspruchnahme erreicht werden (European Commission, 2021; ÖROK, 2023).

### **4.5.3. Zusammenfassung: Richtigstellung im Kontext**

Zusammenfassend muss ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass die hier berücksichtigten Teilfunktionen der Trägerfunktion für menschlichen Lebensraum, deren

Bewertung nicht anhand publizierter Methoden durchgeführt werden konnte, nur im Kontext des Gebäudes selbst gültig sind.

Damit ist gemeint, dass auch wenn es auf der Gebäudefläche möglich ist, Bodenfunktionen rechnerisch mit insgesamt einem Mehrwert zu kombinieren, es trotz dieser Kombination in einem breiteren Kontext der Stadtentwicklung Konsequenzen auf Bodenversiegelung und auf die Umwelt allgemein gibt. Ebenso wenig ist der geschaffene Lebensraum auf der Gebäudefläche ein vollkommener Ersatz für andere naturnahe oder weitgehend natürlich erhaltene Landschaften.

Es handelt sich bei den Fundamentvarianten lediglich um Optionen, im Rahmen einer vernünftigen Raumplanung, den Impact auf der beanspruchten Fläche zu reduzieren und dabei auch für die Menschen eine lebenswertere Umwelt zu gestalten. Das Ergebnis der Bewertung darf in keinem Fall als Freispruch für unkontrollierte Ausdehnung von urbanisierten Flächen gelten.

## 5. Schlussfolgerungen

Es zeigt sich, dass mit unterschiedlichen Fundamentarten sehr unterschiedliche Effekte auf Bodenfunktionen erzielt werden können. Auffällig ist das Potenzial, bei gezieltem Design und Management einige der für das Wohlbefinden der StadtbewohnerInnen wichtigsten Bodenfunktionen weitgehend zu erhalten. Einige Abschlüsse aufgrund der nötigen Mindestinfrastruktur an der Bodenoberfläche wie Eingangsbereich (Lift und Stiegenhaus), Tiefgarageneinfahrt und Gebäudestützen scheinen jedoch kaum vermeidbar zu sein.

Um zu diesem Ergebnis zu kommen, mussten einige Voraussetzungen berücksichtigt werden, vor allem, dass das Pflanzenwachstum unter dem Gebäude nicht durch Schatten eingeschränkt wird, und dass Niederschlagswasser für Bewässerung genutzt wird. Der Einfluss des Gebäudes auf die thermische Ausgleichsfunktion konnte außerdem nicht erfasst werden. Dies zeigt die Limitierung der existierenden Methoden für Bodenfunktionsbewertung, da diese nicht für den urbanen Raum entwickelt wurden.

Die Bewertung der Lebensraumfunktion für Menschen auf Basis von ausgewählten Teilfunktionen führt zu dem Schluss, dass mehrere Funktionen auf einer Fläche kombiniert werden können, wobei sich die Teilfunktionen der Lebensraumsfunktion teilweise gegenseitig ausschließen.

Vorsicht in der Interpretation ist jedoch geboten, weil sich die Ergebnisse rein auf dem Boden unter der Gebäudefläche beziehen, und somit die gesamten Effekte der Urbanisierung auf Böden (Bedarf für Verkehrswege etc.) und auf die Umwelt allgemein (Licht, Lärm, Verdrängung von Lebensraum, etc.) nicht berücksichtigt sind.

Diese Studie ist unseres Wissens die erste ihrer Art. Dadurch sollte die oben erwähnte, positiv ausfallende aber von einigen Voraussetzungen abhängige Schlussfolgerung in vertiefenden Studien überprüft werden. Dafür sollte mitunter an für den urbanen Raum im Kontext des Bauwesens entwickelten Methoden gearbeitet werden.

## 6. Literaturverzeichnis

- Adhikari, K., Hartemink, A.E., 2016. Linking soils to ecosystem services — A global review. *Geoderma* 262, 101–111. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.08.009>
- Ad-Hoc-Arbeitsgruppe Boden, 2005. *Bodenkundliche Kartieranleitung*. – 5. Aufl. (KA5), Hannover.
- Ball, B.C., Hargreaves, P.R., Watson, C.A., 2018. A framework of connections between soil and people can help improve sustainability of the food system and soil functions. *Ambio* 47, 269–283. <https://doi.org/10.1007/s13280-017-0965-z>
- Bauer, R., Springer, M., Haydn, G., Prinz, A., Remmel, W., 2023. *Kleinräumige Bevölkerungsprognose Wien 2023*.
- Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, 2003. *Das Schutzgut Boden in der Planung - Bewertung natürlicher Bodenfunktionen und Umsetzung in Planungs- und Genehmigungsverfahren*.
- BMLFUW, 2013. *Bodenfunktionsbewertung: Methodische Umsetzung der ÖNORM L 1076*.
- BMLFUW, 2012. *Richtlinien für die sachgerechte Bodenrekultivierung*. 2. Auflage. Wien.
- Brevik, E.C., Hannam, J., Krzic, M., Muggler, C., Uchida, Y., 2022. The importance of soil education to connectivity as a dimension of soil security. *Soil Security* 7, 100066. <https://doi.org/10.1016/j.soisec.2022.100066>
- Bristowe, A., Heckert, M., 2023. How the COVID-19 pandemic changed patterns of green infrastructure use: A scoping review. *Urban Forestry & Urban Greening* 81, 127848. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.127848>
- Bundesverband Boden, 2005. *Biologische Charakterisierung von Böden – Ansatz zur Bewertung von Bodenorganismen im Rahmen von Planungsprozessen*. BVB-Materialien Band 13, 78 S., Berlin.
- Canadell, J., Jackson, R., Ehleringer, J., Mooney, H., Sala, O., Schulze, E.-D., 1996. Maximum rooting depth of vegetation types at the global scale. *Oecologia* 108, 583–595.
- Chiu, R.L.H., 2012. Sustainability, in: Smith, S.J. (Ed.), *International Encyclopedia of Housing and Home*. Elsevier, San Diego, pp. 91–96. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-047163-1.00688-3>
- European Commission, 2021. *EU Soil Strategy for 2030 - Reaping the benefits of healthy soils for people, food, nature and climate (COM(2021) 699 final)*.
- Gregor, M., Löhnertz, M., Schröder, C., Aksoy, E., Prokop, G., Louwagie, G., 2018. *Land cover changes and soil functions An approach for integrated accounting*.
- IBA Wien, 2020. *Quartierhäuser Sonnwendviertel*.
- Klepeis, N.E., Nelson, W.C., Ott, W.R., Robinson, J.P., Tsang, A.M., Switzer, P., Behar, J.V., Hern, S.C., Engelmann, W.H., 2001. The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): a resource for assessing exposure to environmental pollutants. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology* 11, 231–252. <https://doi.org/10.1038/sj.jea.7500165>
- Labib, S.M., Browning, M.H.E.M., Rigolon, A., Helbich, M., James, P., 2022. Nature's contributions in coping with a pandemic in the 21st century: A narrative review of evidence during COVID-19. *Science of The Total Environment* 833, 155095. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155095>
- Lehmann, A., David, S., Stahr, K., 2013. *TUSEC - Bilingual-Edition: Eine Methode zur Bewertung natürlicher und anthropogener Böden (Deutsche Fassung)*. 2. ergänzte Auflage. Hohenheimer Bodenkundliche Hefte. Heft 86.
- ÖNORM L 1076, 2013. *Grundlagen zur Bodenfunktionsbewertung*.
- ÖROK, 2023. *Bodenstrategie für Österreich - Strategie zur Reduktion der weiteren Flächeninanspruchnahme und Bodenversiegelung bis 2030*.
- Schulte, R.P.O., Creamer, R.E., Donnellan, T., Farrelly, N., Fealy, R., O'Donoghue, C., O'hUallachain, D., 2014. Functional land management: A framework for managing soil-based ecosystem services for the sustainable intensification of agriculture. *Environmental Science & Policy* 38, 45–58. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2013.10.002>

- Sudimac, S., Sale, V., Kühn, S., 2022. How nature nurtures: Amygdala activity decreases as the result of a one-hour walk in nature. *Molecular Psychiatry* 27, 4446–4452. <https://doi.org/10.1038/s41380-022-01720-6>
- Umweltministerium Baden Württemberg, 1995. Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit - Leitfaden für Planungen und Gestattungsverfahren. Heft 31.

## **Anhang 1**

### **Bodenkundliche Begriffe**

Feldkapazität (FK): Die Wassermenge (in mm, bzw.  $L/m^2$ ) welche vom Boden gespeichert werden kann ohne dass Wasser weiter versickert.

Nutzbare Feldkapazität: Feldkapazität abgezogen von der Wassermenge welche von Pflanzen aufgrund zu hoher Spannung nicht aufgenommen werden kann

Kf Wert (cm/d): Gesättigte Wasserleitfähigkeit: wie schnell (Niederschlags)Wasser versickert wenn sich der Boden im wassergegesättigten Zustand befindet.

**Anhang 2**  
**Berechnungsergebnisse**  
**(Grundlagen für Tabelle 3 und Tabelle 4)**

	Ausgangsdaten Gesamtprofil (1 m tief)	Ausgangsdaten Aufgebautes Profil (0,5 m tief)
Natürliche Bodenfruchtbarkeit [Bodenzahl]	72	51
Feldkapazität [L/m <sup>2</sup> ]	382	209
Nutzbare Feldkapazität [L/m <sup>2</sup> ]	237	123
Jahresverdunstungsleistung [L/m <sup>2</sup> ]	481	437
Jahreskältearbeit [MJ/m <sup>2</sup> ]:	1188	1080
Mikrobielle Biomasse [mgC/kg]	250	250
Tiefe für Mik. Biomasse [m]	0.3	0.3

Berechnet auf der gesamten Gebäudefläche		
Gebäudefläche [m <sup>2</sup> ]	300	
Wasserspeicher [L]	114690	
Nutzbare Wasser [L]	71100	
Jahresverdunstungsleistung [L]	144242	
Jahreskältearbeit [MJ]	356277	
Mikrobielle Biomasse [mgC]	22500	

<i>Variante Punktfundamente mit Keller 0,5m tief unter Oberfläche</i>		
		% von Referenz
Flächeninanspruchnahme [m <sup>2</sup> ]:	61	
Übrige Fläche [m <sup>2</sup> ]	239	
Natürliche Bodenfruchtbarkeit		56
Wasserspeicher [L]	49794	43
Nutzbare Wasser [L]	29327	41
Jahresverdunstungsleistung [L]	104392	72
Jahreskältearbeit [MJ]	257849	72

<i>Variante Punktfundamente mit Keller 1m tief oder ohne Keller</i>		
		% von Referenz
Flächeninanspruchnahme [m <sup>2</sup> ]:	61	
Übrige Fläche [m <sup>2</sup> ]	239	
Natürliche Bodenfruchtbarkeit		80
Wasserspeicher [L]	91301	80
Nutzbare Wasser [L]	56600	80
Jahresverdunstungsleistung [L]	114826	80
Jahreskältearbeit [MJ]	283620	80