

Bachelorarbeit

Bodenversiegelung in Österreich

Florian Lindtner

e1525812@student.tuwien.ac.at

Matr.Nr. 01525812

Datum: 21.09.2021

Kurzfassung

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist, das Ausmaß der Bodenversiegelung in Österreich darzustellen, die Auswirkungen zu beschreiben und mögliche Lösungen aufzuzeigen. Dazu werden Statistiken analysiert, um die aktuell versiegelte Fläche und den jährlichen Zuwachs zu bestimmen. Dabei werden die Werte mit anderen Staaten verglichen, wodurch die Lage in Österreich in einen internationalen Kontext gestellt wird. Unabhängig vom Ergebnis des Vergleichs hat die Bodenversiegelung zahlreiche negative Auswirkungen auf die Umwelt und damit auch auf uns Menschen. Die genauen Folgen werden dabei erläutert und wenn möglich quantifiziert. Es gibt zahlreiche Lösungsansätze, um entweder die Bodenversiegelung zu reduzieren oder die dadurch entstandenen Auswirkungen zu minimieren. Einige Maßnahmen werden dabei vorgestellt, diskutiert und nach Anwendbarkeit in der Praxis bewertet.

1 Einleitung

Die Bodenversiegelung zählt zu den dringlichsten Umweltproblemen der heutigen Zeit. Grund dafür ist, dass nur eine begrenzte Menge der Ressource Boden zur Verfügung steht und wir diese immer weiter verbrauchen. Bis Ende 2019 wurden in Österreich 7,5 % des Dauersiedlungsraumes versiegelt und auch weiterhin geht alle zehn Jahre eine noch unversiegelte Fläche so groß wie Wien langfristig verloren. Trotz einem leichten Rückgang in den letzten Jahren ist noch kein entscheidender Umschwung passiert. Verglichen mit anderen europäischen Staaten hat Österreich einen überdurchschnittlich hohen Versiegelungsgrad, besonders hervorzuheben sind dabei das dichte Straßennetz und die vergleichsweise hohe Supermarktfläche.

Die Folgen der Bodenversiegelung sind, wie bei vielen Umweltthemen, zahlreich und auf den ersten Blick nicht unbedingt leicht zu erkennen. Ein Beispiel dafür sind häufiger und stärker auftretende Hochwasser, besonders als Resultat von dicht besiedelten Gebieten mit hohem Versiegelungsgrad. Aber auch der Verlust von fruchtbarem Boden führt dazu, dass weniger Landwirtschaft betrieben wird, wodurch Österreich schon ab 2030 weniger Lebensmittel produzieren könnte als es verbraucht. Eine

Auswirkung, die bereits jetzt im Alltag spürbar ist, sind die sogenannten Hitzeinseln in städtischen Räumen. Aufgrund dieser Konsequenzen kam es zum Beispiel zu Initiativen von der Österreichischen Hagelversicherung¹ und zu Berichten im Auftrag des WWF². Unter anderem auch dadurch wurde das Thema in das Regierungsprogramm von 2020 aufgenommen. Die selbst vorgegebenen Ziele (siehe Kapitel 3.2) wären ein großer Schritt in die richtige Richtung, jedoch wurden bisher keine konkreten Maßnahmen gesetzt, um diese auch zu erreichen.

Mögliche Lösungen wären unter anderem die Entsiegelung, die Revitalisierung nicht mehr genutzter Flächen und die Minimierung der Neuversiegelung. Aufgrund eines steten Bevölkerungswachstums ist es allerdings kaum möglich, die Neuversiegelung von Flächen dauerhaft zu verhindern. Um die Versiegelung weiter zu minimieren, ist es daher sinnvoll, bereits versiegelte Flächen effizienter zu nutzen. Ein Beispiel dafür ist die Verwendung von ansonsten sehr flächenineffizienten Photovoltaikanlagen im Straßenbau oder auf Gebäudedächern, um den ohnehin verbrauchten Boden doppelt zu nutzen. Im Falle von Flachdächern besteht auch die Option, diese zu begrünen, um unter anderem den bereits erwähnten Hitzeinseln entgegenzuwirken.

Den vielen negativen Auswirkungen zum Trotz ist die Bodenversiegelung, vor allem im Kontrast zu anderen Umweltthemen wie der Klimaerwärmung, ein Problem, das nur selten angesprochen und oft nicht als problematisch wahrgenommen wird. Um die Bodenversiegelung auf ein Minimum zu begrenzen, bedarf es unter anderem entschiedene Maßnahmen der Bundesregierung. Da nur selten Beschlüsse gefasst werden, die sich geringer Popularität erfreuen, ist es notwendig, die Bevölkerung über die Auswirkungen und den problematischen Anstieg der Bodenversiegelung aufzuklären und zu informieren.

2 Methodik

Die Datenerhebung für die Arbeit erfolgte durch Literaturrecherche, wobei wissenschaftliche Arbeiten, Internetseiten, Berichte und Zeitungsartikel als Quellen genutzt werden. Dabei variiert die Art der Forschung in den verschiedenen Kapiteln der Arbeit abhängig von den Möglichkeiten, sinnvolle Werte anzugeben. Die Forschung in Kapitel 3 (Daten und Statistiken zur Bodenversiegelung in Österreich) behandelt ausschließlich Zahlen und Statistiken zur Bodenversiegelung und ist daher rein quantitativer Natur. Die Datenerhebung in diesem Kapitel stützt sich dabei auf verschiedene Internetquellen. Hierbei sei angemerkt, dass die Erstellung der Daten zur Bodenversiegelung komplex und mit großem Aufwand verbunden ist, wodurch für Österreich lediglich das österreichische Umweltbundesamt die Erhebung durchgeführt hat und sich andere Quellen größtenteils auf diese Daten beziehen. Die recherchierten Werte werden im Zuge der Arbeit aufbereitet und übersichtlich dargestellt, soweit möglich sollen diese auch mit anderen Staaten verglichen werden, um die Situation in Österreich besser evaluieren zu können. Es werden vor allem Daten von 2019 verwendet, da die Werte aus 2020, aufgrund der Covid-19-Pandemie, weniger aussagekräftig sind.

In Kapitel 4 werden die Auswirkungen und Folgen der Bodenversiegelung erläutert. Dabei wird eine Kombination aus quantitativem und qualitativem Ansatz verfolgt. Besonders bei Umweltthemen ist es oft nicht möglich, die genauen Auswirkungen zu beziffern, da viele komplexe Prozesse stattfinden und

¹ (ÖHV, 2020)

² (WWF, 2021)

einige Faktoren nicht messbar sind. Der Schwerpunkt liegt daher bei qualitativer Forschung. Ist es jedoch möglich, so werden wenigstens ungefähre Werte angegeben, um die Folgen der Bodenversiegelung möglichst genau darzustellen.

Der letzte Teil der Arbeit beschäftigt sich mit möglichen Lösungsansätzen, die direkt (Kapitel 5) oder indirekt (Kapitel 6) zur Verminderung von Bodenversiegelung beitragen. Ähnlich wie zuvor wird hier ein kombinierter Ansatz mit Schwerpunkt auf den qualitativen Teil gewählt. Die direkten Maßnahmen werden mittels Literaturrecherche ermittelt und zusammengefasst. Es handelt sich dabei überwiegend um Schritte, die von der Bundes- oder Landesregierung beschlossen werden müssen, wodurch sich die Arbeit auf Studien bezieht, die die möglichen Maßnahmen auswerten.

In den Abschnitten zum Einsatz von Photovoltaikanlagen gibt es zu einigen Punkten nur wenig praktische Beispiele, um allgemein gültige Schlussfolgerungen zu treffen. Es wurden daher Fallstudien zu ausgewählten Versuchen durchgeführt, die sich auf Zeitungsartikel, Berichten und diversen Internetquellen stützt. Andererseits werden auch etablierte Lösungsansätze behandelt, bei welchen ausreichend Daten vorhanden sind, damit allgemeine Aussagen über die Wirksamkeit der Maßnahmen getätigt werden können. Wenn möglich sollen diese auch quantitativ mit Zahlen zu den genauen Auswirkungen unterstützt werden.

3 Daten und Statistiken zur Bodenversiegelung in Österreich

Um die Ausmaße der Bodenversiegelung besser verständlich zu machen, ist es notwendig, die Situation in Zahlen darzustellen. Im Laufe der Jahrhunderte wurde ein beachtlicher Teil der Fläche Österreichs bebaut und ein großer Teil davon komplett versiegelt, wodurch viele Bodenfunktionen bereits verloren gegangen sind und mittel- bis langfristig verloren bleiben. Trotzdem werden jährlich noch immer große Flächen versiegelt mit nur wenig Bemühen, die fortschreitende Versiegelung zu begrenzen oder gar rückgängig zu machen.

3.1 Versiegelte Fläche bis 2019

In Österreich wurde bis zum Ende des Jahres 2019 eine Fläche von 5.729 km² verbraucht, das entspricht in etwa 6,8 % der Gesamtfläche. Hierbei ist es allerdings wichtig, zwischen Bodenverbrauch beziehungsweise Flächeninanspruchnahme (*Der unmittelbare und dauerhafte Verlust biologisch produktiven Bodens durch Verbauung und Versiegelung für Siedlungs- und Verkehrszwecke und ähnliche Intensivnutzungen.*³) und Bodenversiegelung (*Der Abdeckung des Bodens mit einer wasserundurchlässigen Schicht, wodurch der Boden auf seine Tragfähigkeit reduziert wird und seine natürlichen Funktionen verliert.*⁴) zu unterscheiden. Denn nur 41,1 % (2.354 km²) der verbrauchten Fläche ist auch tatsächlich versiegelt. Damit erreicht die Bodenversiegelung in Österreich ein Ausmaß von 2,81 % der Gesamtfläche.⁵

Dieser Wert ist allerdings nicht immer aussagekräftig für internationale Vergleiche oder um die Probleme durch Bodenversiegelung korrekt darzustellen. Ein nicht zu vernachlässigender Teil dieser Fläche besteht nämlich aus Gebirgen, Gewässern, Naturschutzgebieten und ähnlichen, nicht oder kaum bebaubaren, Gebieten. Häufig werden die Daten daher auf den Dauersiedlungsraum (*Fläche, die der Landwirtschaft, Siedlungen und Verkehrsanlagen zu Verfügung steht.*⁶) bezogen. Mit dieser Bezugsfläche ist es unter anderem leichter zu erkennen, wieviel Fläche theoretisch noch zur Verfügung steht und so die Zahlen in einen passenderen zu Kontext stellen. Der Dauersiedlungsraum macht eine Fläche von 31.214 km² oder 37 % der Gesamtfläche von Österreich aus. Der Anteil der versiegelten Fläche wächst damit auf 7,5 % und der Anteil des verbrauchten Bodens sogar auf 18,4 %.⁷

1.150 km², also ungefähr die Hälfte der versiegelten Fläche, wird als Baufläche genutzt, darunter werden Gebäude, Gebäudenebenflächen, Gärten, Betriebsflächen und Friedhöfe verstanden. Mit 1.125 km² haben die Verkehrsflächen fast einen genauso großen Anteil. Als solche werden Straßenverkehrsanlagen, Verkehrsrandflächen, Parkplätze und Schienenverkehrsanlagen gezählt. Selbstverständlich wurde bei der Erhebung dieser Daten berücksichtigt, dass nicht immer die gesamte Fläche, von zum Beispiel Gärten oder Parkplätzen, versiegelt wird.

³ (BMLRT, 2020)

⁴ (BMLRT, 2020)

⁵ (Umweltbundesamt, 2020)

⁶ (STATISTIK AUSTRIA, 2020)

⁷ (Umweltbundesamt, 2020)

| | Versiegelte Fläche [km ²] | Anteil an der Gesamtfläche % | Einwohner pro vers. Fläche [EW/km ²] |
|------------------|--|---------------------------------|---|
| Burgenland | 149 | 3,76 | 1.966 |
| Kärnten | 205 | 2,15 | 2.736 |
| Niederösterreich | 680 | 3,55 | 2.461 |
| Oberösterreich | 440 | 3,67 | 3.359 |
| Salzburg | 136 | 1,90 | 4.073 |
| Steiermark | 394 | 2,40 | 3.150 |
| Tirol | 169 | 1,34 | 4.451 |
| Vorarlberg | 71 | 2,73 | 5.536 |
| Wien | 110 | 26,52 | 17.201 |
| Österreich | 2.354 | 2,81 | 3.754 |

Tabelle 3.1 Bodenversiegelung relativ zur Gesamtfläche und Einwohnerzahlen 2019

Mit einer versiegelten Fläche von 680 km² hat Niederösterreich die größte versiegelte Fläche aller Bundesländer, dieser Wert ist jedoch wenig überraschend, da Niederösterreich auch die größte Grundfläche hat. Werden diese Werte allerdings in Verhältnis zu der Gesamtfläche der jeweiligen Bundesländer gesetzt, ergibt sich ein komplett anderes Bild. Dabei sticht Wien aufgrund seiner geringen Bodenfläche deutlich heraus. Mehr als ein Viertel der Hauptstadt ist versiegelt und damit ist der Wert um ein Vielfaches höher als in jedem anderen Bundesland. Dies kommt wenig überraschend, ist doch ein Großteil der Fläche Stadtgebiet. Bezogen auf die Anzahl der Einwohner, die auf einen Quadratkilometer versiegelte Fläche fallen, zeigt sich, dass Wien diese Fläche am besten ausnutzt. Im Burgenland hingegen wird für jeden Einwohner fast die neunfache Fläche versiegelt.

3.2 Jährlicher Zuwachs

In den letzten 20 Jahren gab es in Österreich ein Bevölkerungswachstum von 10,4 %, während in derselben Zeit der Bodenverbrauch um 27 % gestiegen ist.⁸ Allein 2019 wurde eine Fläche von 48 km² verbraucht, wovon 41 % versiegelt wurden⁹. Es ist auch das erste Jahr seit 2014, in dem die Flächeninanspruchnahme gegenüber dem Vorjahr gestiegen ist. Blicke der Zuwachs so groß, würde alle neun Jahre eine Fläche größer als Wien verbraucht werden.

⁸ (WWF, 2021)

⁹ (Umweltbundesamt, 2020)

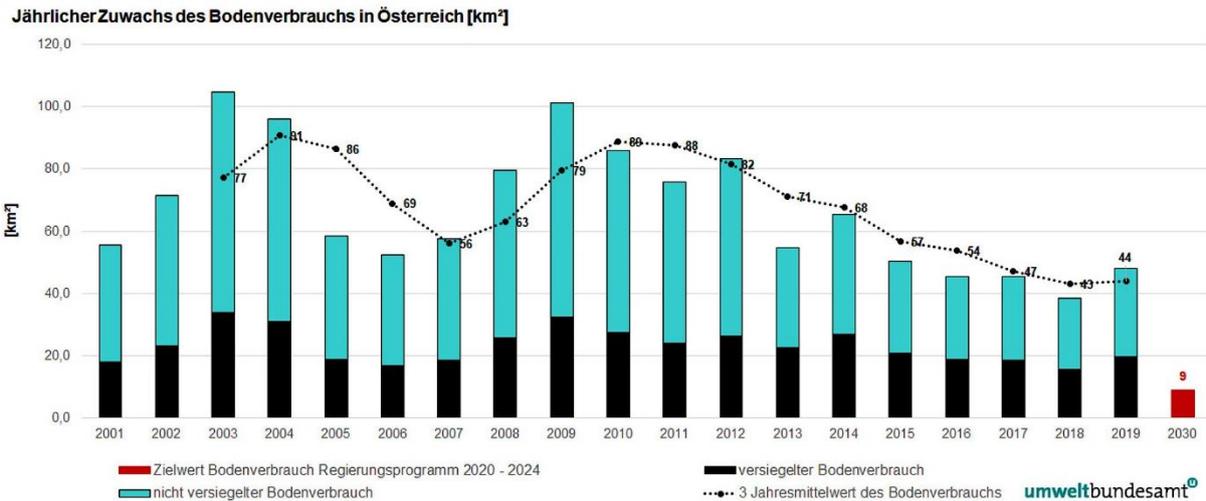


Abbildung 3.1 Jährlicher Bodenverbrauch von 2001 bis 2019¹⁰

Der 3 Jahresmittelwert ist ein sinnvoller Kennwert, um die Verfälschung durch Ausreißer zu minimieren und ein möglichst repräsentatives Bild der aktuellen Änderungen darzustellen. Bei Betrachtung dieses Wertes wird erkennbar, dass nach 2009 eine positive Wende eingsetzt hat und der Zuwachs der Flächeninanspruchnahme und damit auch der Bodenversiegelung jährlich geringer wird. Wie bereits angemerkt stieg die Kurve im Jahr 2019 wieder. Fraglich ist, ob es sich dabei um einen Ausreißer handelt oder um den Beginn einer neuen Trendwende. Das Jahr 2020 kann aufgrund der Covid-19 Pandemie wohl kaum eine Antwort auf diese Frage liefern. Rechts in Abbildung 3.1 ist der Zielwert für das Jahr 2030 nach dem Regierungsprogramm 2020-2024 eingetragen. Dieser beträgt mit 9 km² in etwa ein Fünftel des Wertes von 2019 und soll in nur elf Jahren erreicht werden. Verglichen mit der Abnahme von ca. 50 % in den letzten zehn Jahren, scheint dieses Ziel doch sehr ambitioniert.

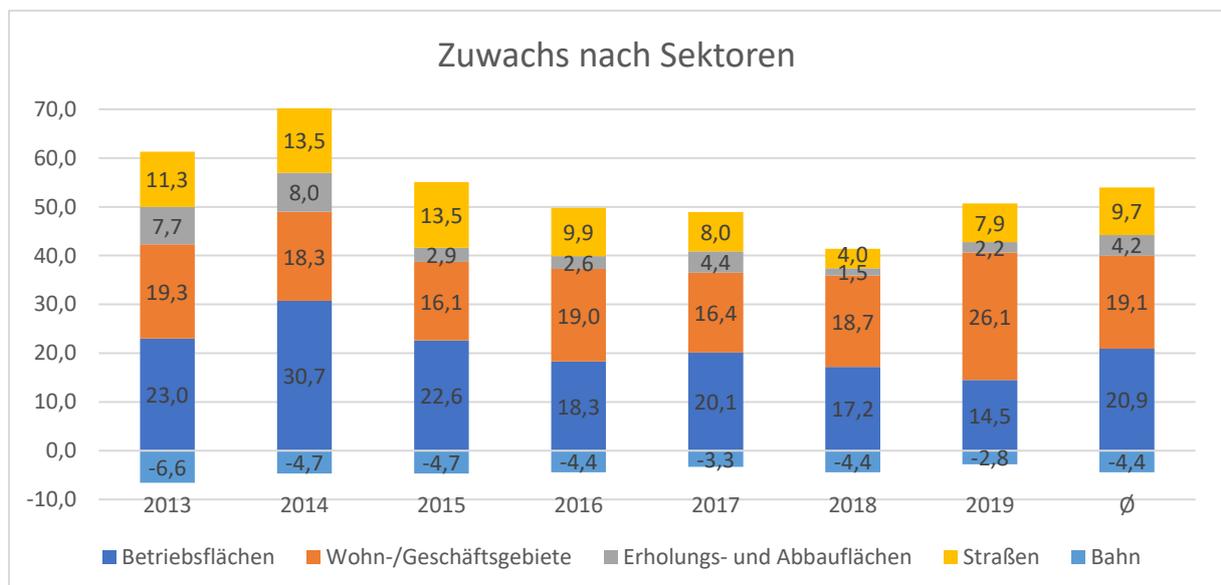


Abbildung 3.2 Jährliche Flächeninanspruchnahme nach Sektoren¹¹

¹⁰ (Umweltbundesamt, 2020)

¹¹ (Umweltbundesamt, 2020)

Wird das Wachstum weiter nach Sektoren aufgeschlüsselt, wird erkennbar, dass seit 2014 die jährliche Versiegelung bei Betriebs-, Erholungs- und Abbauflächen abnimmt. Der Straßenbau zeigt dieselbe Tendenz ab 2015, jedoch ist der Wert 2019 wieder leicht angestiegen. Im Gegensatz zu den anderen Sektoren ist der Bodenverbrauch durch Bauflächen in den letzten Jahren relativ konstant geblieben. 2019 ist dieser Wert jedoch deutlich angestiegen, einer der Hauptgründe für die insgesamt erhöhte Versiegelung in diesem Jahr. Im starken Kontrast dazu steht der Sektor Bahn, der seit 2013 jährlich 3 bis 7 km² weniger Fläche beansprucht. Aufgrund von Umstrukturierungsmaßnahmen wurden zum Beispiel nicht mehr genutzte Bahnflächen umfunktioniert, wodurch es gelungen ist, den Bodenverbrauch und damit auch die Bodenversiegelung dieses Sektors zu verringern.¹²

3.3 Österreich im internationalen Vergleich

Zuallererst muss angemerkt werden, dass die Erhebung von Daten zur Bodenversiegelung in Österreich deutlich regelmäßiger durchgeführt wird als in den anderen EU-Staaten. In Österreich werden jährlich Daten zum Bodenverbrauch gesammelt und nach Sektoren, Bundesländern und Flächennutzung aufgeschlüsselt. In Deutschland hingegen gab es seit 2011 keine neuen Angaben seitens der Flächenstatistik.¹³ Auch die aktuellste Statistik der Europäischen Union, die alle Mitgliedsstaaten miteinander vergleicht, ist lediglich aus 2006. Allerdings sind die Änderung seitdem zumeist nur im kleineren einstelligen Prozentbereich und dadurch sind die Werte durchaus geeignet, um einen ungefähren Vergleich zwischen den Mitgliedstaaten zu ziehen.

Hinzu kommt, dass das Umweltbundesamt in Österreich von den alten Klassen auf die derzeit verwendeten neuen Klassen umgestiegen ist. Klassen sind die Kategorien wie zum Beispiel Gebäudeflächen oder Friedhöfe. Beide Versionen nehmen an, dass die Gebäudeflächen zu 100 % versiegelt sind, die alten Klassen unterscheiden dann lediglich zwischen befestigten und „nicht näher unterschiedenen“ Flächen, bei denen ein Versiegelungsgrad von 100 % bzw. 30 % angenommen wird. Bei den neuen Klassen wird hingegen auch noch zwischen Gebäudenebenflächen (75 % versiegelt), Betriebsflächen (60 % versiegelt) und Friedhöfe (35 % versiegelt) unterschieden. Durch die neue Definition erhöht sich der Wert der Flächeninanspruchnahme um etwa 13 % und der versiegelten Fläche um ca. 32 %.¹⁴ Die folgenden Daten stammen aus 2006, wurden noch mit den alten Klassen angegeben und weichen daher deutlich von den bisherigen Werten ab.

¹² (Umweltbundesamt, 2020)

¹³ (Umweltbundesamt_GER, 2020)

¹⁴ (Umweltbundesamt, 2020)

| EU-Staaten | Verbrauchter Boden/ Gesamtfläche | Versiegelter Boden/ Gesamtfläche | Versiegelungs- grad | Verbrauchter Boden/Einwohner [m ² /EW] | Versiegelter Boden/Einwohner [m ² /EW] |
|-------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------|--|--|
| Österreich | 4,9% | 1,9% | 39,3% | 496 | 195 |
| Belgien | 20,6% | 7,4% | 35,8% | 600 | 215 |
| Deutschland | 8,4% | 5,1% | 60,3% | 365 | 220 |
| Finnland | 1,4% | 0,6% | 41% | 920 | 377 |
| Malta | 25,9% | 13,0% | 50,3% | 202 | 102 |
| Niederlande | 13,7% | 8,1% | 59,5% | 313 | 186 |
| Portugal | 3,4% | 3,1% | 90,4% | 299 | 270 |
| Zypern | 8,5% | 3,6% | 42,3% | 1032 | 437 |
| EU27 | 4,4% | 2,3% | 51,4% | 389 | 200 |

Tabelle 3.2 Bodenverbrauch und -versiegelung einiger ausgewählter EU-Staaten (2006)¹⁵

Erwartungsgemäß haben Staaten mit höherer Bevölkerungsdichte tendenziell eine höhere Flächeninanspruchnahme und daher zumeist auch mehr versiegelte Fläche als Staaten mit geringerer Bevölkerungsdichte. Ein gutes Beispiel dafür ist Malta, wo die Bevölkerungsdichte dreimal höher ist als in den Niederlanden, dem Staat mit der zweitdichtesten Bevölkerung. Aus diesem Grund hat Malta sehr hohe Werte bezogen auf die Gesamtfläche und niedrige Werte bezogen auf die Einwohner. Genau umgekehrt verhält es sich bei Staaten mit niedriger Bevölkerungsdichte wie Finnland oder Zypern. Bezogen auf die Gesamtfläche der Staaten liegt Österreich nahe am EU-Durchschnitt. Wird allerdings mit dem Dauersiedlungsraum gerechnet, so ergibt sich für Österreich der nahezu dreifache Wert für die flächenbezogenen Angaben. Damit sind die Werte schon weit über dem Durchschnitt, wohingegen der Dauersiedlungsraum in Staaten wie Deutschland oder den Niederlanden fast die ganze Fläche des Staates ausmachen und sich die flächenbezogenen Angaben kaum ändern.

Österreich hat auch, relativ zur Gesamtbevölkerung, eines der dichtesten Straßennetze Europas. Mit 15 m/EW (Meter pro Einwohner) ist der Wert deutlich höher als zum Beispiel in Deutschland mit 7,9 m/EW. Ein aufgrund topographischer Eigenschaften besserer Vergleich ist die Schweiz, die mit 8,1 m/EW ebenfalls deutlich besser abschneidet.¹⁶ Auch die Supermarktfläche im Verhältnis zur Gesamtbevölkerung ergibt ein deutliches Bild. Österreich hat in Europa die höchste Supermarktfläche pro Einwohner. Mit 1,67 m²/EW schneidet Österreich deutlich schlechter ab als zum Beispiel Italien (1,03 m²/EW) oder Frankreich (1,23 m²/EW).¹⁷ Allein in den letzten 19 Jahren hat sich die Anzahl der so genannten „Fachmarkt-Agglomerationen“ von 113 auf 264 mehr als verdoppelt.¹⁸

¹⁵ (EC, 2020)

¹⁶ (ÖHV, 2020)

¹⁷ (ÖHV, 2020)

¹⁸ (WWF, 2021)

4 Auswirkungen durch Bodenversiegelung

Statistiken beschreiben zwar das Ausmaß der Bodenversiegelung, allerdings nicht, warum ebendiese überhaupt ein Problem darstellt. Immerhin ist die Bebauung ungenutzter Flächen ein nicht zu vernachlässigender Teil der Wirtschaft, von dem sowohl das Baugewerbe als auch deren Auftraggeber profitieren. Das zusätzliche Angebot von Infrastruktur, Dienstleistungen und Industrie kommt auch der Bevölkerung zugute, doch zu welchem Preis?

4.1 Erhöhtes Hochwasserrisiko

Nicht versiegelter Boden hat im Gegensatz zu versiegelten Flächen die Eigenschaft, Wasser aufzunehmen, und zwar 2.000 m³ pro Hektar, das entspricht einer Niederschlagshöhe von 200 mm. Teile davon können wieder verdunsten, doch abhängig von der Regenstärke, von Grundwasserströmen und der Art des Bodens gelangen durchaus auch größere Mengen Wasser in Flüsse. Zumeist geschieht dies über einen längeren Zeitraum, wodurch das Regenwasser zum Teil auch erst nach einigen Tagen in die Flüsse geleitet wird. Siedlungsgebiete mit hohem Versiegelungsgrad können jedoch deutlich weniger Wasser aufnehmen und müssen dieses mit Kanälen ableiten. Dadurch wird der Niederschlag innerhalb kürzester Zeit in die Gewässer geführt, was zu Überschwemmungen führen kann. Zusätzlich mit den aufgrund des Klimawandels häufiger auftretenden Starkregenereignissen kommt es immer öfter zu extremen Hochwasserereignissen.¹⁹

Als Maßnahme werden immer öfter Bauwerke für technischen Hochwasserschutz geplant. Diese helfen zwar bei der Reduktion der Hochwasserspitzen und dämmen dadurch die Schäden ein, allerdings wird dadurch auch wieder neue Fläche beansprucht. Würde der Flächenverbrauch in der Nähe von Flüssen auf ca. 2 km² pro Jahr reduziert werden, so könnten in den nächsten 50 Jahren 147 km² an Abfluss- und Wasserrückhalteräumen erhalten bleiben.²⁰

4.2 Verlust biologischer Funktionen

Unter biologischen Funktionen wird unter anderem die Möglichkeit der landwirtschaftlichen Nutzung des Bodens oder die Fähigkeit, Wasser zu speichern, zu verdunsten und zu filtern verstanden. Durch die Versiegelung gehen diese Funktionen jedoch langfristig verloren. Besonders davon betroffen ist der Humus im Boden. Dieser hat große Bedeutung für die Landwirtschaft und dient zusätzlich auch als CO₂-Speicher. So schnell wie die Humusschicht zerstört wird, umso länger dauert es, bis sie sich wieder gebildet hat. So braucht es für die Erneuerung von nur 1 cm Humus etwa 100 bis 200 Jahre.²¹

Aufgrund der Ansprüche von früheren Siedlungen befinden sich die meisten Siedlungsgebiete in Regionen mit fruchtbarem Ackerland. Neu versiegelte Flächen zerstören also langfristig ebendiese landwirtschaftlich nutzbaren Gebiete. In den letzten 3 Jahren wurden im Schnitt 44 km² pro Jahr verbraucht und davon 41 % versiegelt, der Produktionsverlust entspricht dem jährlichen

¹⁹ (Umweltbundesamt, 2020)

²⁰ (WWF, 2021)

²¹ (Umweltbundesamt, 2020)

Nahrungsbedarf von etwa 17.600 Menschen.²² Für Österreich bedeutet das, dass die Unabhängigkeit in der Lebensmittelversorgung aufgrund der Klimaveränderung und dem zunehmenden Bodenverbrauch schon 2030 nicht mehr gewährleistet sein könnte.²³ Das Problem der drohenden Abhängigkeit von Lebensmittelimporten verstärkt sich zusätzlich durch die Tatsache, dass andere Staaten vor denselben Herausforderungen stehen wie Österreich.

4.3 Gefährdung der biologischen Vielfalt

Gerade in Österreich, dem Land mit dem dichtesten Straßennetz in Europa, sind die negativen Auswirkungen des Straßenbaus besonders hervorzuheben. Das regelrechte Zerschneiden von Landschaften hat große Auswirkungen auf die Lebensräume von Tieren und kann zur Abwanderung oder sogar zum Verschwinden einzelner Arten führen.²⁴ Zu einer der größten Gefahren für die Biodiversität zählt die zunehmende Urbanisierung. Das Vertreiben etlicher Arten und das Einführen von wenigen, häufig vorkommenden Arten führt zu einer wachsenden globalen biotischen Homogenisierung.²⁵

„Rund ein Drittel der Tiere und Pflanzen gilt laut „Roter Liste“ als gefährdet, jede zehnte Art als vom Aussterben bedroht. Laut EU-Umweltagentur sind 83 Prozent der bewerteten Arten in einem mangelhaften bis schlechten Zustand, womit Österreich im EU-Vergleich nur auf dem vorletzten Platz liegt.“²⁶

4.4 Staubbindung

Eine wichtige Eigenschaft des Bodens ist seine Fähigkeit, Staub, insbesondere Feinstaub, zu binden. Gerade in städtischen Gebieten ist die Staubbelastung ein wesentlicher Faktor für die Gesundheit der Bewohner. Durch die Versiegelung des Bodens verschlechtert sich die Luftqualität deutlich, was zu gesundheitlichen Problemen führen kann.²⁷ In der Europäischen Union sterben jährlich ca. 400.000 Menschen an Folgen der Luftverschmutzung.²⁸ Selbstverständlich fließen dabei viele Faktoren ein, jedoch sind unversiegelte Flächen in dieser Hinsicht definitiv vorteilhaft.

4.5 „Hitzeinseln“

Ein weiteres Problem stellen die sogenannten „Hitzeinseln“ dar. Das sind Bereiche, zumeist in Stadtteilen mit hohem Versiegelungsgrad, die an heißen Sommertagen nach Sonnenuntergang

²² (Umweltbundesamt, 2020)

²³ (ÖHV, 2020)

²⁴ (Umweltbundesamt, 2020)

²⁵ (Werner & Zahner, 2009)

²⁶ (WWF, 2021)

²⁷ (Umweltbundesamt, 2020)

²⁸ (EUA, 2021)

verhältnismäßig wenig abkühlen. Geschieht dies einige Tage in Folge, so kommt es auch untermals zu höheren Temperaturen. Durch diesen Effekt kann der Temperaturunterschied zum Umland bis zu 5 °C betragen. Wie in Kapitel 4.2 bereits dargestellt, kann versiegelter Boden kein Wasser verdunsten, wodurch auch keine Abkühlung durch die Verdunstungskälte stattfinden kann. Dazu kommt noch, dass durch „städtische Schluchten“, schmale Straßen, die von vertikalen Gebäuden eingeschlossen sind, mehr Strahlungswärme der Sonne eingefangen wird und bei Nacht weniger Wärme abgestrahlt werden kann. Die davon verursachten erhöhten Temperaturen haben negative Auswirkungen auf die Gesundheit der Einwohner. Allein von 2017 bis 2019 sind in Österreich 1.550 Menschen aufgrund von Hitze gestorben. Davon sind bis zu 52 % auf ebendiese Hitzeinseln zurückzuführen.²⁹

4.6 Einfluss des Albedo-Wertes

Der Albedo-Wert beschreibt die Fähigkeit einer Oberfläche, Licht zu reflektieren, wobei eine 90-prozentige Reflexion von Licht äquivalent zu einem Albedo-Wert von 0,9 wäre. Ein alltägliches Beispiel für diesen Effekt ist die merkbar höhere Temperatur bei Sonnenschein in einem schwarzen im Vergleich zu einem weißen Fahrzeug. Für die Bodenversiegelung ist dies insofern interessant, da die meisten Oberflächen, wie zum Beispiel Asphalt (ca. 0,15 Albedo), deutlich weniger Licht reflektieren als Wiesen (ca. 0,25 Albedo) oder Wälder (ca. 0,2 Albedo).³⁰ Dieser Effekt ist einer der Faktoren, die zur globalen Klimaerwärmung beitragen, da der weltweite Albedo-Wert sinkt und weniger Licht reflektiert wird. Lokale Auswirkungen hat die Eigenschaft von Pflanzen, durch Photosynthese Wärmeenergie in Bindungsenergie umzuwandeln und die Eigenschaft unversiegelter Böden, Wasser zu verdunsten. Diese beiden Aspekte fallen durch die Bodenversiegelung weg und tragen zu einer erhöhten Temperatur im Umfeld bei.

5 Maßnahmen zur Reduzierung der Bodenversiegelung

Mögliche Lösungsansätze wären einerseits die Entsiegelung von bereits verbrauchtem Boden und andererseits die Reduzierung der Neuversiegelung, wobei auch die Revitalisierung eine wichtige Rolle spielt. Zumeist sind diese Maßnahmen jedoch kostenaufwändiger als die gängigen Methoden, wodurch es Initiativen seitens der Bundesregierung oder der Länder benötigt, um eine Änderung zu bewirken. Es muss dabei also zwischen Umwelt- und Gesundheitsaspekten und der Wirtschaft entschieden werden.

5.1 Entsiegelung

Die naheliegendste Lösung, um das Ausmaß der Bodenversiegelung zu reduzieren ist, einfach bereits versiegelten Boden wieder zu entsiegeln. Dazu gehört das vollständige Entfernen der versiegelnden

²⁹ (Hutter, Lemmerer, Moshammer, Poteser, & Wallner, 2020)

³⁰ (TU Berlin, 2018)

Schichten und in vielen Fällen auch die Behebung der Bodenverdichtung. Viele Bodenfunktionen können dadurch sofort wiederhergestellt werden, andere hingegen, wie zum Beispiel die Fruchtbarkeit des Bodens, werden erst über einen längeren Zeitraum zurückerlangt. Am ehesten dafür geeignet wären zum Beispiel leerstehende Industrieflächen oder nicht mehr genutzte Verkehrsflächen. Das Aufbrechen und Abtransportieren der Schichten ist allerdings ein kostspieliger Prozess und hat abgesehen von den positiven Auswirkungen auf die Umwelt und den damit einhergehenden Effekten nur wenige positive Aspekte. Das Interesse Flächen zu entsiegeln ist aus wirtschaftlicher Sicht daher dementsprechend gering.

5.2 Revitalisierung

Bei der Revitalisierung geht es ebenfalls um brachliegende Industrie- und Gewerbeflächen und leerstehende Wohngebäude. Allerdings ist hier die Idee, diese Flächen wiederzubeleben, um zu verhindern, dass neuer Boden versiegelt wird. In Österreich gäbe es dafür auch ausreichend Potential. Nämlich ungefähr 400 km², eine Fläche, etwa so groß wie Wien. Zusätzlich kommen noch jährlich 11 km² an brachliegenden Standorten dazu. Momentan gibt es eine starke Tendenz zum Neubau auf bisher unversiegelten Flächen. Das liegt vor allem an daran, dass bei bereits erschlossenen Flächen oft noch Abrissarbeiten oder Renovierungsarbeiten notwendig sind, wodurch zusätzliche Kosten anfallen.³¹ Meistens sind auch die Quadratmeterpreise für noch nicht erschlossene Grundstücke, die oft am Stadtrand liegen, geringer. Das ist einer der Gründe für die zunehmende Zersiedelung, ein starker Trend zur Abwanderung an den Ortsrand, die eine Verwaisung der Ortsmitte durch leerstehende Gebäude zur Folge haben können.

Aus diesem Grund hat die Österreichische Hagelversicherung eine Studie in Auftrag gegeben, die die Auswirkungen von Investitionszuschüssen für die Revitalisierung von brachliegenden Industrie- und Gewerbeflächen und leerstehende Wohngebäude untersuchen soll. Laut Dipl. Ing. Alexander Schnabl (IHS) mit folgendem Ergebnis: *„Stellt der Staat in den nächsten zehn Jahren jährlich 100 Millionen Euro dafür zur Verfügung, dann würden in diesem Zeitraum mehr als 24.000 Vollzeitjahresarbeitsplätze geschaffen, eine Wertschöpfung von 2,14 Milliarden Euro erwirtschaftet und an den Staat wieder 680 Millionen Euro an Abgaben zurückfließen. Zusätzlich ersparen sich die Kommunen jährlich bis zu 200 Millionen Euro an Infrastrukturkosten“*³². Auch das Stadtbild verbessert sich im Zuge dieser Revitalisierung und die Standorte werden attraktiver für Tourismus, allerdings ist es hier schwieriger, konkrete Zahlen zu nennen.

Ein Problem dabei ist, festzustellen, welche Flächen nicht genutzt werden und wo sich eben diese befinden. Dazu bräuchte es eine zentrale Datenbank, auf der solche Daten gespeichert und abgerufen werden können. Ohne die dadurch mögliche Koordination, ist es nahezu unmöglich alle ungenutzten Flächen zu erkennen und zeitgemäß zu revitalisieren.

Mit der momentanen Zunahme der Flächeninanspruchnahme und unter der Annahme, dass wirklich nur noch auf bereits erschlossenen Flächen gebaut wird (was sich vor allem beim Straßenbau als schwer möglich erweisen wird), gäbe es nach ungefähr 14 Jahren keine leerstehenden Flächen mehr und es müsste wieder auf Grünflächen gebaut werden. Während die Revitalisierung der

³¹ (OTS, 2021)

³² (OTS, 2021)

genannten Flächen zwar einen großen Beitrag zur Reduzierung der Bodenversiegelung leisten kann, so ist es alleingesehen leider keine langfristige Lösung für das wachsende Problem.³³

5.3 Maßnahmen zur Minimierung der Neuversiegelung

Eine vorübergehende Lösung ist die in Kapitel 5.2 erwähnte Revitalisierung, durch welche Neuversiegelungen für einen gewissen Zeitraum begrenzt werden können. Um langfristige Lösungen zu finden, ist es wichtig zu verstehen, in welchen Gebieten Flächen tatsächlich auch versiegelt werden. Aufgrund der ständig wachsenden Bevölkerung ist es natürlich auch notwendig, die Infrastruktur auszubauen und vor allem mehr Wohnfläche zu schaffen. Hier gilt es zwischen der Innenentwicklung, dem Ausbau der Infrastruktur auf bereits erschlossenen Flächen innerhalb der Siedlungsgebiete und der Außenentwicklung, dem Neubau von Infrastruktur auf noch nicht oder kaum erschlossenen Flächen am Rand von Siedlungsgebieten, zu unterscheiden. Um Neuversiegelungen möglichst gering zu halten, ist es notwendig, die Innenentwicklung zu priorisieren und die Außenentwicklung weitgehendst zu verhindern.

Einer der Gründe, weshalb in Österreich derart viele Einkaufszentren gebaut werden, ist die hohe Schwelle, damit ein Verfahren zur Umweltverträglichkeitsprüfung eingeleitet werden kann. Während ein UVP-Verfahren für Einkaufszentren in Deutschland ab 0,5 Hektar und in der Schweiz ab 0,75 Hektar notwendig ist, so ist in Österreich in der Regel erst ab 10 Hektar oder 1.000 PKW- Parkplätzen ein UVP-Verfahren notwendig. In besonders sensiblen Gebieten wird dieser Wert allerdings herabgesetzt, auf 5 Hektar. Eine Anpassung der Schwelle würde zu mehr Verfahren führen, wodurch weniger Projekte bewilligt werden würden.³⁴

Eine andere Form der Prüfung auf Umweltbelange stellt die von der Europäischen Union vorgeschriebene Strategische Umweltprüfung (SUP) dar. Aufgrund der mangelhaften Formulierung in den Gesetzestexten wird diese in Österreich jedoch oft umgangen.³⁵ Die Strategische Umweltprüfung erfasst und bewertet positive und negative Umweltauswirkungen von Plänen und Programmen.³⁶ Dadurch erlangte Erkenntnisse können Alternativen aufzeigen, um die Bodenversiegelung oder Auswirkungen auf die Umwelt im Allgemeinen zu verringern.

Eine weitere Maßnahme wäre zum Beispiel Raumplanung und Baugesetze auf Bundesebene zu gestalten, anstatt dies den Ländern zu überlassen, was oft in Unklarheiten oder Gesetzeslücken resultiert. Ebenfalls wirksam wären Gesetze zur Einschränkung der Neuversiegelungen am Stadtrand. Oder die Erhöhung von Steuern in Abhängigkeit des Schadenpotentials, das die neue Nutzung auf die Umwelt hat.

³³ (OTS, 2021)

³⁴ (WWF, 2021)

³⁵ (WWF, 2021)

³⁶ (SUP, 2021)

6 Nutzung von versiegelten Flächen

Realistisch gesehen ist es bei einer wachsenden Bevölkerung jedoch nahezu unmöglich, jegliche Neuversiegelung zu verhindern. Selbst bei einer unrealistisch geringen Zunahme wie von der Bundesregierung bis 2030 geplant, wird jährlich Boden mit einer Fläche von 9 km² verbraucht. Das bedeutet eine Reduzierung der landwirtschaftlich nutzbaren Fläche bei gleichzeitig wachsender Bevölkerung. Diese Problemstellung erwartet nicht nur Österreich, sondern auch jede andere Nation und es gilt daher, die notwendigerweise verbaute Fläche möglichst effizient zu nutzen.

6.1 Photovoltaikanlagen

Dass erneuerbare Energien in der Zukunft unerlässlich sein werden, bestreitet heutzutage kaum jemand mehr. Jedoch sind es vor allem Photovoltaikanlagen, die viel Fläche benötigen. Dieses Problem lässt sich allerdings umgehen, indem die Solarpaneele auf bereits versiegelten Flächen angebracht werden, wodurch indirekt die Neuversiegelung anderer Flächen vermieden wird.

6.1.1 Einsatz von Photovoltaikanlagen im Bereich von Straßen und Radwegen

Ein Beispiel für ein solches Einsatzgebiet sind die sogenannten „Solarstraßen“. Die Idee ist, Photovoltaikanlagen in die Straßen einzubringen. Darauf kommt eine Schicht, zum Beispiel Kunstharz, um die Paneele vor äußeren Einwirkungen zu schützen. Das populärste Beispiel ist das als „Wattway“ titulierte Projekt im Nordwesten Frankreichs. Dabei handelt es sich um eine 600 Meter lange Straße, auf welcher ein Fahrstreifen mit Solarpaneelen versehen wurde. Die Leistung von Photovoltaikanlagen ist abhängig vom Standort (Sonnenstunden), Neigungswinkel und der Ausrichtung. In Mitteleuropa wären das ungefähr 30°, um die die Paneele nach Süden geneigt sein müssten. Unter diesen Bedingungen können 6,5 m² ungefähr 1 Kilowatt peak produzieren³⁷, was einem jährlichen Ertrag von 1.000 kWh entspricht. Der Wattway hat ungefähr eine Fläche von 1.800 m² und könnte damit unter Vernachlässigung des Neigungswinkels maximal 275.000 kWh pro Jahr produzieren, realistischer ist jedoch die Annahme, dass 10 m² für 1.000 kWh benötigt werden, was einer jährlichen Leistung von 180.000 kWh entsprechen würde. Im ersten Jahr lieferte die Straße jedoch nur 150.000 kWh, was unter Umständen noch akzeptabel wäre, handelte es sich dabei doch um einen noch nicht ausgefeilten Erstversuch. Im nächsten Jahr verringerte sich die Leistung jedoch weiter auf 78.000 kWh und im darauffolgenden nochmal auf 38.000 kWh. Der geringe Ertrag hängt vor allem mit Schäden an den Paneelen zusammen, hervorgerufen durch die hohen Belastungen von schweren Fahrzeugen und Unwetter. Zusätzlich zu den niedrigen Erträgen beschwerten sich Anwohner über die stark erhöhte Lautstärke der Autoreifen.³⁸

Aufgrund der hohen Einbaukosten von 5 Millionen Euro und den ernüchternd geringen Erträgen dieses Prestigeprojekts gab es keine neuen Projekte dieser Größenordnung. Ohne die Entwicklung von Lösungen für die oben genannten Probleme wird die Idee der Solarstraße in der Praxis nicht anwendbar sein.

³⁷ (Wohnnet, 2021)

³⁸ (Energiezukunft, 2021)

Diese Probleme lassen sich allerdings lösen, indem die Paneele stattdessen in Radwege eingebaut werden. Hier gab es ebenfalls einige Pilotprojekte, unter anderem in Deutschland³⁹ und den Niederlanden⁴⁰. Ersteres musste aufgrund von mangelnder Entwässerung und dadurch entstehenden Schmorbränden außer Betrieb genommen und abgesperrt werden. Letzteres wurde 2014 in Betrieb genommen und begann vielversprechend mit einem höheren Ertrag als angenommen. Aufgrund größerer Schäden in den letzten Jahren wurden im November 2020 die Solarpaneele wieder entfernt und erneut Asphalt eingebracht. Die Amortisationszeit von Photovoltaikanlagen beträgt bei optimalem Ertrag und Vernachlässigung von äußeren Faktoren wie der Änderung des Strompreises oder zusätzlichen Einbaukosten etwa 10 Jahre.⁴¹ Unter Berücksichtigung des geringeren Ertrags und der deutlich höheren Kosten durch Einbau und Wartung steigt diese Zahl um ein Vielfaches. Bei einer Lebensdauer von einem, beziehungsweise sechs Jahren, ist es noch ein weiter Weg, damit diese Variante als vernünftige Alternative zur Bodenversiegelung mit herkömmlichen Materialien angewandt werden kann.

Die Idee, Photovoltaikanlagen als Verkehrswege zu benutzen ist allerdings noch relativ neu und daher fehleranfällig und kostspielig. Es ist also nicht auszuschließen, dass im Falle von deutlichen Verbesserungen und mehr Praxiserfahrung, Solarstraßen die Norm sein könnten. Bis es soweit ist, gibt es aber noch andere Pilotprojekte, die erfolgsversprechender sind.

Ein Projekt des Austrian Institute of Technology (AIT)⁴² sieht vor, eine Photovoltaikanlage über einer Autobahn anzufertigen. Dadurch kann die Belastung durch Fahrzeuge vermieden werden und auch der Ertrag ist höher, da die einzelnen Paneele mit einem Neigungswinkel angebracht werden können. Zusätzlich dazu soll die Überdachung aus Solarpaneelen auch die Lebensdauer der Fahrbahn erhöhen, da sie vor Überhitzung und Niederschlag schützt. Ein weiterer positiver Effekt wäre der erhöhte Schallschutz bei entsprechender Ausführung der Oberkonstruktion. Bei der Benutzung herkömmlicher Solarpaneele und der damit verbundenen Verdunklung der Fahrbahn wäre allerdings, ähnlich wie in Tunneln, zusätzliche Beleuchtung notwendig. Um dieses Problem zu umgehen ist geplant, lichtdurchlässige Photovoltaikmodule zu verwenden, die nur geringfügig weniger Strom produzieren. Dadurch wird auch die blendende Wirkung der tiefstehenden Sonne verringert und erhöht damit den Fahrkomfort und die Fahrsicherheit. Eine weitere Herausforderung stellen die Einwirkungen von Wind und Schnee dar. Die Konstruktion muss dementsprechend bemessen und ausgesteift werden, was zu weiteren Ansprüchen an die Tragfähigkeit der Solarpaneele führt. Über eine etwaige Reinigung der Konstruktion oder ungefähre Bau- und Instandhaltungskosten wurden in der derzeitigen Planungsphase des Projekts noch nichts bekanntgegeben.

Wie bereits angeführt gibt es die Überlegung, Radwege mit solchen Photovoltaikanlagen auszustatten. Das berühmteste Beispiel dafür ist ein Projekt in Südkorea, wo ein 2015 fertiggestellter Radweg über eine Länge von knapp 6,8 km mit Solarpaneelen überdacht wurde. Auch hier lassen sich die einzelnen Elemente optimal zur Sonne hin ausrichten. Da diese Konstruktion allerdings deutlich schmaler ist als beim geplanten Projekt auf der Autobahn, ist es nicht notwendig transparente Paneele zu benutzen, wodurch die Radfahrer zum Großteil vor der Sonneneinstrahlung geschützt werden. Über die Attraktivität lässt sich hier allerdings streiten, da dieser Radweg inmitten einer Autobahn gebaut wurde.

³⁹ (Enkhart, 2021)

⁴⁰ (Stultiens, 2021)

⁴¹ (Dachgold, 2021)

⁴² (AIT, 2021)

6.1.2 Einsatz von Photovoltaikanlagen auf Gebäuden

Anders als die bisher erwähnten Lösungsansätze werden immer mehr Photovoltaikanlagen auf oder an Gebäuden installiert. Als in der Praxis erprobte Variante sind die Kosten auch deutlich geringer und die Leistung deutlich höher als bei den experimentellen Alternativen.

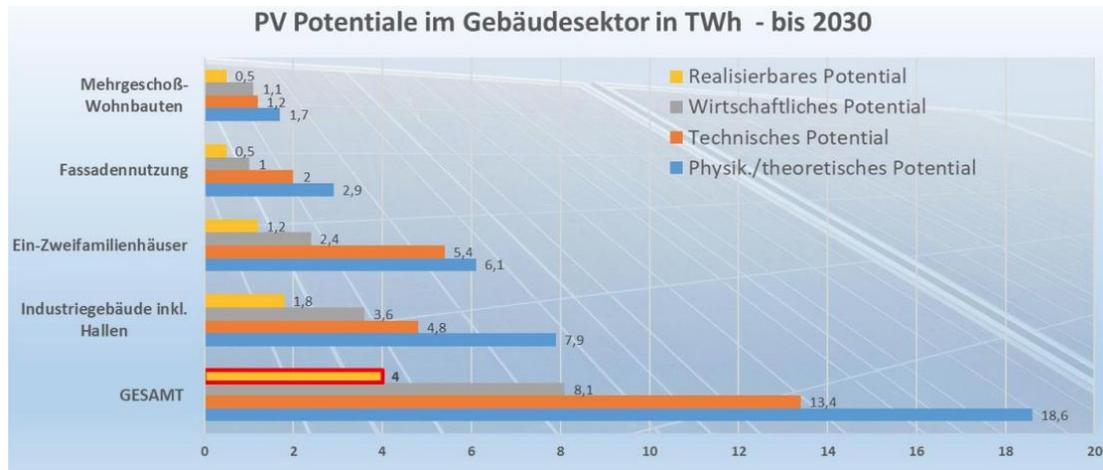


Abbildung 6.1 Photovoltaikpotentiale im Gebäudesektor in TWh bis 2030⁴³

In einer Studie wurde ermittelt, wieviel Strom in den nächsten 10 Jahren von Photovoltaikanlagen auf Gebäuden produziert werden kann. Bei einem konstanten Ausbau und unter Annahme des realisierbaren Potentials ergäbe dies eine Energieproduktion von 0,8 TWh pro Jahr ab 2030. Im Optimalfall der Erfüllung des technischen Potentials, also der maximal technisch umsetzbaren Anzahl an Solarpaneelen, könnte ein Wert von etwa 2,7 TWh pro Jahr im Zieljahr erreicht werden. Gründe für diese Differenz sind zum Teil finanzieller Natur wie zum Beispiel der wechselnde Strompreis oder der hohe Investitionsbedarf, aber auch soziologische Beweggründe spielen dabei eine Rolle. Mithilfe von gezielten Subventionen und Kampagnen ließen sich diese beiden großen Unsicherheitsfaktoren jedoch deutlich reduzieren und das technische Potential könnte dabei schneller verwirklicht werden.

Die Investitionskosten steigen auch dadurch, dass es sich bei den Gebäuden zumeist um Privatbesitz handelt und die Photovoltaikanlagen zumeist nur auf kleineren Flächen installiert werden können, was zu höheren Kosten pro Fläche führt. Der Ausbau liegt daher auch zu einem großen Teil in den Händen von Privatpersonen und kann dadurch schlecht gesteuert oder organisiert werden. Trotz einiger Problemstellungen handelt es sich hierbei um eine der vielversprechendsten Mehrfachnutzungen von bereits versiegelten Flächen.

6.2 Grüne Dächer

Die Idee, eine Fläche zu versiegeln und danach die Dachfläche zu begrünen, scheint auf den ersten Blick an Ironie zu grenzen. Wie im Folgenden gezeigt werden soll, handelt es sich dabei jedoch um eine sinnvolle Möglichkeit der Nutzung einer versiegelten Fläche.

⁴³ (Fechner, 2020)

Der künstlich hergestellte „Boden“ hat selbstverständlich weniger positive Eigenschaften als ein natürlicher Boden, allerdings auch deutliche Vorteile gegenüber einem herkömmlichen Dachaufbau. Einer dieser Vorteile ist Fähigkeit des Grünen Daches, Wasser zu speichern und damit kann ein Teil der vorher angesprochenen negativen Auswirkungen vermindert werden. Ab bestimmten Niederschlagsmengen kann es jedoch dazu kommen, dass der Dachaufbau kein Wasser mehr aufnehmen kann und es dennoch sofort abgeleitet werden muss. Ein Nachteil hingegen ist, dass es bei mangelhafter Ausführung öfter zu Feuchtigkeitsschäden kommt. Der Aufbau hat, besonders mit der zusätzlichen Beanspruchung durch gespeichertes Wasser, ein hohes Gewicht und erfordert dadurch statische Maßnahmen.⁴⁴

Zusätzlich dazu können Grüne Dächer auch Staub binden und dadurch die Luftqualität verbessern. Ebenso positiv wirken sich diese auf die städtischen Hitzeinseln aus.⁴⁵ Doch nicht nur das Stadtklima würde davon profitieren, sondern auch das unter dem Dach befindliche Gebäude. Der Aufbau wirkt nämlich auch kühlend im Sommer und wärmedämmend im Winter. Noch dazu kommt, dass kleinere Tierarten, wie zum Beispiel Bienen, von solchen „Grünen Inseln“ stark profitieren können.

Aufgrund der zusätzlichen Beanspruchungen lässt sich diese Alternative jedoch nicht auf jedem bestehenden Gebäude realisieren. Daher stehen vor allem Neubauten im Fokus, welche allerdings eher am Stadtrand errichtet werden. Hierbei kann wieder das Thema der Revitalisierung aufgegriffen werden, um mehr Neubauten im Stadtinneren zu errichten.

Es handelt sich hierbei also um eine Lösung mit mehreren positiven Effekten, die den Auswirkungen der Bodenversiegelung entgegenwirken. Nachteile sind die zusätzlichen Kosten und Anforderungen bei der Ausführung.

6.3 White Topping

White Topping bezeichnet das Verfahren der Aufbringung einer Schicht Beton auf einer Asphaltfahrbahn. Überwiegend wird es angewendet, um beschädigte Fahrbahnen zu reparieren. In den USA wird dieses Verfahren bereits seit etwa 100 Jahren angewandt, wo eine Lebensdauer von ungefähr 30 Jahren festgestellt werden konnte. In Europa hingegen ist es allerdings noch weniger verbreitet.⁴⁶

Aufgrund der hellen Farbe des Betons erhöht sich der Albedo Wert von gemittelten 0,15 auf 0,5 Albedo. Der neue Belag kann also mehr als dreimal so viel Licht reflektieren wie Asphalt, was zu einer geringeren Wärmeentwicklung führt. Mit einer Modellsimulation konnte gezeigt werden, dass die Temperatur im Sommer durch den Einsatz von White Topping um 1 °C reduziert werden kann.⁴⁷ Somit stellt das Verfahren eine Möglichkeit zur Verringerung der Auswirkungen von den städtischen Hitzeinseln dar.

Ein weiterer Vorteil der Betonschicht gegenüber dem Asphaltbelag ist die verbesserte Tragfähigkeit der Fahrbahn bei gleichzeitiger Sanierung von eventuell beschädigten Flächen. Durch den helleren

⁴⁴ (Hermes, 2021)

⁴⁵ (Holzmüller, 2019)

⁴⁶ (Beton, 2021)

⁴⁷ (Krispel, Peyerl, Maier, & Weihs, 2017)

Belag werden auch die Sichtverhältnisse verbessert. So können zum Beispiel andere Verkehrsteilnehmer in der Nacht besser erkannt werden.⁴⁸

Allein die Tatsache, dass dieses Verfahren nur als reine Instandsetzungsmaßnahme Anwendung gefunden hat und dabei noch weitere Vorteile bringt, zeigt, dass es sich bei White Topping um eine gute Möglichkeit handelt, die Hitzeentwicklung durch Bodenversiegelung zu verringern. Selbstverständlich bleibt der Boden dabei versiegelt und es gehen auch die meisten Funktionen von diesem verloren.

6.4 Vertical Farming

Mit einer wachsenden Bevölkerung und fortschreitender Versiegelung fruchtbaren Bodens, können bei einem höheren Verbrauch gleichzeitig weniger Nahrungsmittel produziert werden. In Österreich wird voraussichtlich schon 2030 der Punkt erreicht sein, an dem die Unabhängigkeit in der Lebensmittelversorgung nicht mehr gewährleistet werden kann.

Eine mögliche Lösung für dieses Problem stellt das Prinzip der vertikalen Farmen (engl. Vertical Farming) dar. Dabei werden die Kulturpflanzen nicht nur nebeneinander, sondern auch, wie schon im Namen angedeutet, übereinander in einem abgeschlossenen System angebaut. Anders als in der herkömmlichen Landwirtschaft, wachsen die Pflanzen oft nicht in der Erde, sondern auf Netzen, und werden dort mit Wasser und den notwendigen Nährstoffen versorgt.⁴⁹ Zusätzlich können sie, unabhängig von äußeren Einflüssen, das ganze Jahr über angebaut werden ohne von Schlechtwetter, wie Hagel oder Dürre, geschädigt zu werden. Auf diese Weise bringt ein Quadratmeter Grundfläche ein Vielfaches des üblichen Ertrags. Die genaue Zahl ist stark abhängig von den Ausmaßen, der Pflanzenart und der Effizienz der Anlage. Die bislang größte Farm steht in den USA und produziert nach eigenen Angaben pro Quadratmeter 390-mal so viel wie beim herkömmlichen Anbau.⁵⁰

Aufgrund der Unabhängigkeit von Faktoren wie fruchtbaren Boden oder offene Flächen sind die Standorte der Vertikalen Farmen praktisch frei wählbar. Dadurch ist es möglich die Transportwege möglichst kurz zu halten, wodurch wiederum Emissionen eingespart werden. Ein weiterer Vorteil ist der deutlich verringerte Wasserverbrauch, die zuvor erwähnte Anlage verringert die benötigten Mengen um 95 Prozent. Da es sich hier praktisch um ein abgeschlossenes System handelt, kommt es auch nicht zu Schädlingsbefall, wodurch keine Pestizide eingesetzt werden müssen.

Ein Nachteil sind die höheren Stromkosten, die durch die ausschließlich künstliche Beleuchtung, den Sensoren, die zur Überwachung und Regulierung des Wachstums dienen, und ähnlichem verursacht werden. Auch die Investitionskosten sind bedeutend höher als in der herkömmlichen Landwirtschaft, da hierfür ein neues Gebäude errichtet oder ein Bestandsobjekt umgebaut werden muss. Es ist auch noch nicht klar ob Produkte aus Vertical Farming Anlagen in Zukunft als Bioprodukte eingestuft werden dürfen, nach momentanem Stand ist dies nicht der Fall.⁵¹

Abgesehen von den leicht paradoxen Zügen des Vertical Farmings, Fläche zu Versiegeln um den Auswirkungen der Flächenversiegelung entgegenzuwirken, wird sich in Österreich diese Art der Landwirtschaft in näherer Zukunft, aufgrund der höheren Kosten und der fehlenden Notwendigkeit,

⁴⁸ (Krispel, Peyerl, Maier, & Weihs, 2017)

⁴⁹ (Bundesinformationszentrum Landwirtschaft, 2021)

⁵⁰ (Aerofarms, 2021)

⁵¹ (Bundesinformationszentrum Landwirtschaft, 2021)

nicht durchsetzen. Allerdings wird landwirtschaftlich nutzbare Fläche jährlich kleiner und die Technologie für das Vertical Farming immer effizienter und kostengünstiger, wodurch der Umstieg nur eine Frage der Zeit ist. In weniger ertragreichen Gebieten macht es allerdings schon jetzt Sinn auf vertikale Farmen umzusteigen, um Wasser zu sparen und die Abhängigkeit vom Lebensmittelimport zu reduzieren.

6.5 Versickerungsfähige Beläge

Per Definition gilt Boden als versiegelt, wenn er wasserdicht abgedeckt wird und dadurch auf seine Tragfähigkeit reduziert wird und alle anderen Funktionen verliert (siehe Kapitel 3.1 Versiegelte Fläche bis 2019). Wird eine Fläche also mit einer wasserdurchlässigen Schicht abgedeckt, so ist diese, zumindest auf Papier, nicht versiegelt. Der Boden behält damit auch seine Eigenschaft, Wasser zu versickern und teilweise auch, es wieder zu verdunsten. Dadurch wird das Kanalsystem entlastet und Hochwasser treten seltener auf. Die anderen Funktionen des Bodens gehen allerdings verloren, wodurch die Definition als unversiegelte Fläche irreführend sein kann.

Pflastersteine mit Fugen und sogenannte Ökosteine stellen eine Möglichkeit dar, einen solchen Belag herzustellen. Anwendung finden diese hauptsächlich auf Parkplätzen und Einfahrten. Generell sind sie für Verkehrsflächen mit niedriger Geschwindigkeit geeignet, sie sind aber auch dauerhaft gegenüber hoher Belastung.

Drainasphalt hingegen wird auch auf Verkehrswegen mit höheren Geschwindigkeiten verwendet. Dadurch, dass das Wasser versickern kann, wird auch verhindert, dass sich das Wasser auf der Fahrbahn sammelt, wodurch Aquaplaning vermieden und die Entstehung von Sprühfahnenbildung reduziert werden kann. Zusätzlich hat Drainasphalt gegenüber dem üblicherweise verwendeten Asphalt auch gute schalldämmende Eigenschaften.

Vor allem in Gebieten mit hohem Versiegelungsgrad kann diese Form der „Entsiegelung“ mit großem Nutzen angewendet werden. Denn gerade dort kommt es durch die mangelnde Versickerungsfläche zu Problemen. Auch die oft höheren Material- oder Einbaukosten können, durch die nicht länger notwendigen Entwässerungsanlagen, teilweise ausgeglichen werden.

7 Fazit

Mit einem jährlichen Zuwachs von etwa 18 km² und einer aktuellen Fläche von 2.372 km² ist die Bodenversiegelung eine der großen umweltpolitischen Herausforderungen in Österreich. Werden die Bundesländer einzeln betrachtet so fällt jedoch auf, dass es starke Unterschiede zwischen den ländlichen und städtischen Regionen gibt. Diese Diskrepanz erfordert auch verschiedene Lösungsansätze zur Bekämpfung der Bodenversiegelung, nicht nur in Österreich, sondern auch auf globaler Ebene. Verschiedene Staaten lassen sich allerdings nur schwer miteinander vergleichen, dennoch wird ersichtlich, dass Österreich international schlecht abschneidet und besonders im Straßenbau und der Supermarktfläche im europäischen Spitzenfeld liegt.

Wie bei vielen Umweltthemen sind die Folgen auch bei der Bodenversiegelung zahlreich und komplex. Zu den schwerwiegendsten Auswirkungen gehört der Verlust der Fruchtbarkeit und anderer wichtiger Funktionen des natürlichen Bodens, die Gefährdung der biologischen Vielfalt und die zusätzliche Erderwärmung durch einen niedrigeren Albedo-Wert. In dichter besiedelten Gebieten steigt vor allem die Gefahr von häufigeren und schwerwiegenderen Hochwassern, geringerer Staubbildung und der Bildung von Hitzeinseln, die auch durch die weltweit steigenden Temperaturen zu einem immer größeren Problem werden. Um die Bodenversiegelung direkt zu bekämpfen ist es einerseits notwendig, die Neuversiegelung auf ein Minimum zu beschränken, aber andererseits bedarf es auch der Entsiegelung von bereits verbrauchten Flächen und der Revitalisierung leerstehender Gebäude. Diese Maßnahmen sind zumeist kostenaufwendig und daher weniger populär, aufgrund dessen wurden auch Lösungen angeführt, welche zwar weniger effektiv wirken, allerdings auch monetär weniger aufwendig sind oder einen zusätzlichen Nutzen aufweisen. Dazu gehört die Nutzung von bereits versiegelter Fläche als Standort für Photovoltaikanlagen oder zusätzlicher Begrünung, die Verringerung des Albedo Wertes mithilfe der Verwendung von helleren Oberflächen im Straßenbau, der effizientere Anbau von Lebensmitteln in vertikalen Farmen und partieller Erhalt der Bodenfunktionen durch versickerungsfähige Beläge.

Es gibt viele Methoden, die Versiegelung des Bodens zu reduzieren oder zumindestens die Folgen zu minimieren. Ob und wie viel Erfolg die Maßnahmen haben, wird vor allem vom zukünftigen Engagement der Entscheidungsträger abhängig sein.

8 Literaturverzeichnis

- Aerofarms*. (18. Juli 2021). Von <https://www.aerofarms.com/farms/> abgerufen
- AIT. (1. März 2021). *Austrian Institute of Technology*. Von https://www.ait.ac.at/fileadmin/cmc/downloads/PAs/2020/PA_AIT_PV-Sued_MS.pdf abgerufen
- Beton. (16. März 2021). *Beton.org*. Von <https://www.beton.org/wissen/infrastruktur/dba-whitetopping/> abgerufen
- BMLRT. (14. November 2020). *Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus*. Von <https://www.bmlrt.gv.at/land/raumentwicklung/bodenverbrauch.html> abgerufen
- Bundesinformationszentrum Landwirtschaft*. (18. Juli 2021). Von <https://www.landwirtschaft.de/landwirtschaft-erleben/landwirtschaft-hautnah/in-der-stadt/vertical-farming-landwirtschaft-in-der-senkrechten> abgerufen
- Dachgold. (28. Februar 2021). *Dachgold*. Von https://www.dachgold.at/amortisation-von-photovoltaik/#Amortisation_von_Photovoltaik abgerufen
- Die Presse*. (18. November 2020). Von <https://www.diepresse.com/5733299/osterreich-trauriger-europameister-beim-bodenverbrauch> abgerufen
- EC. (17. Dezember 2020). *European Commission*. Von <https://ec.europa.eu/environment/soil/sealing.htm> abgerufen
- Energiezukunft. (26. Februar 2021). *Energiezukunft*. Von <https://www.energiezukunft.eu/erneuerbare-energien/solar/die-laengste-solarstrasse-im-hexagon-ist-ein-flop/> abgerufen
- Enkhart, S. (28. Februar 2021). *pv magazine*. Von <https://www.pv-magazine.de/2019/11/19/warum-deutschlands-erster-solarradweg-vornehmlich-nur-noch-anwaelte-bewegt/> abgerufen
- EUA. (1. Februar 2021). *Europäische Umweltagentur*. Von <https://www.eea.europa.eu/de/highlights/deutliche-verbesserung-der-luftqualitaet-in> abgerufen
- Fechner, F.-P. D. (2020). *Ermittlung des Flächenpotentials für den Photovoltaik-Ausbau in Österreich: Welche Flächenkategorien sind für die Erschließung von besonderer Bedeutung, um das Ökostromziel realisieren zu können*. Wien.
- Hermes, S. (11. März 2021). *Wohnglück*. Von <https://wohnglueck.de/artikel/dachbegruenung-vorteile-nachteile-28176> abgerufen
- Holzmüller, S. (2019). *Dr. Gebäudebegrünungen als eine Strategie zum Entgegenwirken des urbanen Hitzeinseleffekts (UHI-Effekts)*. Wien.
- Hutter, H.-P. O., Lemmerer, K. U.-L., Moshhammer, H. D., Poteser, M. P.-D., & Wallner, P. P.-D. (2020). *Auswirkungen des Bodenverbrauchs auf die Menschliche Gesundheit aus umweltmedizinischer Sicht*. ÄrztInnen für eine gesunde Umwelt.
- Krispel, S. M., Peyerl, M. D., Maier, G. D.-I., & Weihs, P. P. (2017). *Urban Heat Islands – Reduktion von innerstädtischen Wärmeinseln durch Whitetopping*. Berlin: Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG.
- ÖHV. (31. Dezember 2020). *Österreichische Hagelversicherung*. Von <https://www.hagel.at/initiativen/bodenverbrauch/> abgerufen
- ÖROK. (11. November 2020). *Österreichische Raumordnungskonferenz*. Von [ÖROK-Atlas: https://www.oerok-atlas.at/#indicator/61](https://www.oerok-atlas.at/#indicator/61) abgerufen

- OTS. (16. Februar 2021). *APA-OTS*. Von
- Stultiens, E. (28. Februar 2021). *Solar Magazine*. Von
- TU Berlin. (2018). *Experimentelle Untersuchung des Einflusses der Albedo von Stadtoberflächen auf die Lufttemperatur*. Berlin.
- Umweltbundesamt. (16. November 2020). *Umweltbundesamt*. Von
- Werner, P., & Zahner, R. (2009). *Biologische Vielfalt und Städte*. Bundesamt für Naturschutz.
- Wohnnet. (26. Februar 2021). *Wohnnet*. Von