

S O C I A L E C O L O G Y W O R K I N G P A P E R 1 9 8

**Anna-Katharina Brenner • Tobias Krüger • Helmut Haberl
Gernot Stöglehner • Martin Behnisch**

Rapider Anstieg der Zersiedelung in Österreich von 1975 bis 2020

**Eine räumlich explizite Analyse unter besonderer Berücksichtigung
der Wohnbevölkerung**

Anna-Katharina, Brenner; Tobias, Krüger; Helmut, Haberl; Gernot, Stöglehner;
Martin, Behnisch (2024)

Rapider Anstieg der Zersiedelung in Österreich von 1975 bis 2020
Eine räumlich explizite Analyse unter besonderer Berücksichtigung der
Wohnbevölkerung

Social Ecology Working Paper 198
Vienna, June 2024

ISSN 1726-3816

Social Ecology Working Papers
Editorial Board: Karlheinz Erb, Willi Haas, Barbara Smetschka
sec.workingpapers@boku.ac.at

Institute of Social Ecology Vienna (SEC)
Department of Economics and Social Sciences (WiSo)
University of Natural Resources & Life Sciences, Vienna (BOKU)
Schottenfeldgasse 29
1070 Vienna, Austria
<https://boku.ac.at/wiso/sec>

© 2024 by Institute of Social Ecology Vienna

Rapider Anstieg der Zersiedelung in Österreich von 1975 bis 2020

**Eine räumlich explizite Analyse unter besonderer
Berücksichtigung der Wohnbevölkerung**

Anna-Katharina Brenner

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Dresden, Deutschland

Tobias Krüger

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Dresden, Deutschland

Helmut Haberl

Institut für Soziale Ökologie, BOKU University, Wien, Österreich

Gernot Stöglehner

Institut für Raumplanung, Umweltplanung und Bodenordnung, BOKU University, Wien,
Österreich

Martin Behnisch

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Dresden, Deutschland

Zusammenfassung

In Österreich sind Ziele wie „die Zersiedlung zu reduzieren bzw. zu stoppen“ (BMK 2023, 147) und die „Unterbindung von Zersiedlung“ (ÖROK 2023, 23) seit Jahren verstärkt Inhalt politischer Ausverhandlungsprozesse. Aktuell ist der Beschluss einer rechtlich bindenden österreichischen Bodenstrategie, die im Entwurf vorliegt, gescheitert, weil keine Einigung über die geplante Festlegung einer Obergrenze für den Flächenverbrauch auf 2,5ha pro Tag erzielt werden konnte¹.

Neben der Frage, wieviel Fläche verbaut und damit versiegelt wird, ist die räumliche Anordnung von Siedlungen, also ob Gebäude im Raum kompakt oder zerstreut angeordnet sind, von zentraler Bedeutung. Diesen Aspekt beschreibt die Zersiedlung: Als Zersiedlung bezeichnet man die räumliche Ausbreitung von Siedlungen in die Landschaft außerhalb kompakter Siedlungsstrukturen und in geringer Dichte, insbesondere in Form von freistehenden Einfamilienhäusern und großflächigen Gewerbegebieten und Einkaufszentren. Zersiedelung verursacht einen besonders hohen Flächenverbrauch pro Person und ist eine besonders ressourcenintensive Form der Bebauung. Die Ausbreitung von Gebäuden in der Landschaft bei geringer Nutzungsdichte fördert die Abhängigkeit vom Auto. Entsprechend hoch ist systembedingt der Bedarf an Straßen und Parkplätzen und das Verkehrsaufkommen. Der steigende Flächenverbrauch für den Verkehr und die Mobilität mit dem Auto wirken sich negativ auf die Treibhausgasemissionen aus, zu deren Reduktion sich Österreich verpflichtet hat. Gleichzeitig steigen die Kosten für die Infrastrukturentwicklung und -instandhaltung in den zersiedelten Gebieten. Der Ausbau des ÖVPN wird durch Zersiedelung erschwert, ebenso der Ausbau klimafreundlicher Heizungen, etwa in Form von Fernwärmenetzen. Zusätzlich führt Zersiedlung zu besonders großen Verlusten fruchtbarer Böden, Fragmentierung von Landschaften und negativen Folgen für die Biodiversität. Zudem verstärkt Zersiedlung soziale Segregation und erschwert dementsprechend die soziale Inklusion.

Der Grad der Zersiedelung kann quantitativ erfasst werden und errechnet sich aus dem Anteil der Fläche die überbaut ist, die räumliche Streuung der bebauten Flächen, sowie der Nutzungsdichte, also die Anzahl der Einwohner:innen und Arbeitsplätze je Flächeneinheit. Dennoch war die Entwicklung der Zersiedlung in Österreich über einen längeren Zeitraum noch nicht Gegenstand einer empirischen Erhebung. In dieser Studie quantifizieren wir die Entwicklung der Zersiedelung in Österreich über fast ein halbes Jahrhundert hinweg mit Hilfe des erst seit kurzem verfügbaren räumlich expliziten Geodatensatzes des Global Human Settlement Layer (GHSL Data Package P2023). Wir berechnen den potentiellen Grad der Zersiedelung für Österreich und die Bundesländer von 1975 in Fünfjahresschritten bis ins Jahr 2020 mit einer Rasterzellenauflösung von 100 m x 100 m, unter Berücksichtigung der Wohnbevölkerung.

In diesem Zeitraum wächst die absolute Fläche der Rasterzellen mit Bebauung fast um die Fläche Burgenlands, von rund 9.000 km² auf rund 12.700 km². Der Anteil der Fläche aller Rasterzellen mit Bebauung am Dauersiedlungsraum beträgt im Jahr 2020 ganze 39%. Im Jahr 1975 betrug der Anteil der Fläche, die als gering und sehr gering zersiedelt identifiziert werden

¹ https://www.oerok.gv.at/fileadmin/user_upload/Bilder/2.Reiter-Raum_u_Region/6_OEREK_Umsetzungspakte/Bodenstrategie/OEROK_Bodenstrategie_fuer_Oesterreich_ENTWURE.pdf (letzte Abfrage: 27. Mai 2024).

kann, noch 73% der absoluten Fläche der Rasterzellen mit Bebauung - im Jahr 2020 war der entsprechende Wert auf nur mehr 35% gesunken. Im untersuchten Zeitraum von 1975 bis 2020 wuchs in Österreich die absolute Fläche, die als hoch und sehr hoch zersiedelt angesehen werden kann, um das Fünffache – von rund 1.100 km² auf rund 5.800 km².

Der Bundesländervergleich zeigt, dass in Oberösterreich, Kärnten und in der Steiermark große Veränderungen über die Zeit zu beobachten sind. Hier verachtfacht, verelffacht, beziehungsweise verdreizehnfacht sich im Untersuchungszeitraum die Fläche der Rasterzellen mit einer sehr hohen Zersiedelung. Bundesländer mit einem hohen alpinen Flächenanteil haben gemessen an der Gesamtfläche der Rasterzellen mit Bebauung einen geringeren Grad der Zersiedelung als die anderen Bundesländer, mit Ausnahme Wiens. Dennoch steigt auch in den alpin geprägten Bundesländern der Grad der Zersiedelung zwischen 1975 und 2020 stark an, insbesondere im Verhältnis zum Dauersiedlungsraum, der in den gebirgsdominierten Bundesländern besonders klein und daher schützenswert ist. Burgenland, Niederösterreich und Oberösterreich waren im Jahr 2020 die am stärksten zersiedelten Bundesländer. Mehr als 50% der jeweiligen Gesamtfläche der Rasterzellen können in diesen Bundesländern als hoch und sehr hoch zersiedelt angesehen werden. Im Verhältnis zum Dauersiedlungsraum ist der hoch und sehr hoch zersiedelte Flächenanteil in Oberösterreich im Vergleich zum Burgenland und Niederösterreich am stärksten ausgeprägt.

In Folge des rapiden Anstiegs der Bebauung, verstärkt durch den Trend zu besonders ressourcenintensiven hoch zersiedelten Strukturen, werden in Österreich wertvolle Ackerböden und Ökosysteme langfristig durch Gebäude und Verkehrsinfrastrukturen ersetzt. Diese zersiedelten Strukturen fördern langfristig – für die kommenden Jahrzehnte, womöglich länger – besonders ressourcenintensive Lebensweisen. Die hier vorgestellten Ergebnisse zeigen, wie sich der Siedlungsraum in Österreich in den untersuchten 45 Jahren radikal gewandelt hat: von überwiegend gering zersiedelt zu überwiegend hoch zersiedelt. Die hier vorgestellten Daten und Karten zeigen auch, wo die Entwicklung der Zersiedelung besonders stark ausgeprägt ist. Sie weisen darauf hin, dass die bestehenden raumplanerischen Instrumente nicht ausreichen, oder nicht konsequent genug implementiert werden. Dabei gibt es einen breiten wissenschaftlichen Konsens, hinsichtlich der effektivsten Maßnahmen - inklusive gesetzlich verankerter Richtwerte. Im Sinn von Boden-, Ressourcen- und Klimaschutz erscheint es daher dringlich, die weithin bekannten Maßnahmen auch durch eine rechtliche Bindung in die Umsetzung zu bringen.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	3
1. Einleitung	7
2. Definition und Messung der Zersiedlung.....	9
2.1 Definition von Zersiedelung.....	9
2.2 Die Messgröße der gewichteten Zersiedlung (Z) und ihre Anwendung auf den Global Human Settlement Layer	13
3. Die Entwicklung der Zersiedelung in Österreich zwischen 1975 und 2020	18
3.1 Rapider Anstieg der Zersiedelung in Österreich.....	19
3.2 Entwicklung der Zersiedelung in den österreichischen Bundesländern	24
4. Schlussfolgerungen, Handlungsempfehlungen und nächste Schritte	34
4.1 Schlussfolgerungen.....	34
4.2 Handlungsempfehlungen	36
4.3 Methodische Limitationen und nächste Schritte	40
Referenzen	43
Appendix:	46
Acknowledgements.....	53
Kontakt	54

1. Einleitung

In Österreich sind Ziele wie „die Zersiedlung zu reduzieren bzw. zu stoppen“ (BMK 2023, 147) und die „Unterbindung von Zersiedlung“ (ÖROK 2023a, 23) seit Jahren verstärkt Inhalt politischer Ausverhandlungsprozesse, insbesondere seit die nach derzeitigem Stand gescheiterte österreichische Bodenschutzstrategie verhandelt wurde. Eine räumlich explizite Analyse der Zersiedelungsentwicklung über einen längeren Zeitraum hinweg war bislang in Österreich noch nicht Gegenstand einer empirischen Erhebung, weil dafür geeignete Datenquellen nicht verfügbar waren. Mit aktuellen multitemporalen Datenprodukten aus der Fernerkundung ist dies nun möglich, wie die vorliegende Studie zeigt.

Das Wohnen im eigenen Einfamilienhaus ist in Österreich immer noch die mit Abstand beliebteste Wohnform (Mayer u. a. 2020). In vielen Regionen Österreichs steigen die Preise für Bauland, und der Traum vom Eigenheim wird insbesondere in zentralen Lagen unerschwinglich. Gemeinde geraten dadurch zunehmend unter Druck dort Bauland auszuweisen, wo ein Grund geerbt wurde oder halbwegs günstig erworben werden kann; oft befinden sich diese Gründe in einer die Zersiedelung fördernde Streulage.

Ein hoher Grad an Zersiedelung führt zu einem Verlust fruchtbarer Böden, gefährdet die Biodiversität und verringert die Wasser-Rückhaltekapazitäten der Ökosysteme (OECD 2018; EEA & BAFU 2016; Simkin u. a. 2022). Zersiedelung fragmentiert die Landschaft und verringert die Größe und Durchlässigkeit der Lebensräume von Pflanzen und Tieren (With 2002; Littlefield u. a. 2019). Zersiedelung verstärkt die Abhängigkeit vom motorisierten Individualverkehr im Alltag (Berrill u. a. 2024), forciert damit einen erhöhten Energie- und Materialverbrauch und treibt damit den Ausstoß von Treibhausgasen in die Höhe (Virág u. a. 2022). Die Größe von Gebäuden und Infrastrukturen und ihre räumlichen Muster bestimmen den Ressourcenverbrauch von Materialien und Energie, und damit die Treibhausgasemissionen, wesentlich mit. Oft wird angenommen, dass dieser Effekt primär eine Folge der wirtschaftlichen Aktivität darstellt, etwa gemessen am Bruttoinlandsprodukt (BIP). Neue Studien zeigen hingegen, dass Ausmaß und räumliche Anordnung der gebauten Strukturen (Gebäude und Infrastrukturen) in einem Land den Ressourcenverbrauch und die Emissionen etwa gleich stark beeinflussen wie das BIP, und dass dieser Effekt zusätzlich zu jenem des BIP beobachtet werden kann (Haberl 2023).

Die Zersiedelung steht außerdem im Zusammenhang mit steigenden Kosten für öffentliche Leistungen (OECD 2018). Zersiedelung kann sich auch negativ auf die Bezahlbarkeit des Wohnraums auswirken, führt zu sozialer Segregation und erschwert soziale Inklusion (OECD 2018; Wei und Ewing 2018).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Anstieg der Zersiedelung Lock-In Effekte verursacht, also bestimmte Muster des Ressourcenverbrauchs über längere Zeiträume hinweg stabilisiert. Im Fall der Zersiedelung bedeutet das, dass die Erbringung von Leistungen und Funktionen, die für gesellschaftliches Wohlergehen zentral sind, also etwa die Verfügbarkeit von Wohnraum, Mobilität, Bildung, Gesundheit, Sozialer Inklusion oder Ernährung, strukturbedingt mit einem besonders hohen Einsatz natürlicher Ressourcen (Materialien und Energie) verbunden sind. Dies führt in weiterer Folge dazu, dass die angestrebte Verringerung der Treibhausgase (Pariser Klimaziele) erschwert wird, weil die Menge an Energie, die klimaneutral bereitgestellt werden muss, bei gleicher Lebensqualität besonders hoch ist. Derartige Lock-In Effekte bezüglich Landnutzung, Biodiversität, Ressourcennutzung, Treibhausgase sowie das soziale Gefüge werden in der wissenschaftlichen Literatur breit diskutiert (Seto u. a. 2016) und gelten als besondere Herausforderung für den Klimaschutz (Creutzig u. a. 2015; 2016; Berrill u. a. 2024). Der 6. Sachstandsbericht des IPCC hält fest, dass eines der größten Treibhausgas-Vermeidungspotentiale in der Bereitstellung von kompakter urbaner Infrastrukturen der kurzen Distanzen besteht (Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC) 2023).

2. Definition und Messung der Zersiedelung

2.1 Definition von Zersiedelung

Im Allgemeinen wird unter Zersiedelung die räumliche Ausbreitung von Siedlungen in die Landschaft außerhalb kompakter Siedlungsstrukturen und in geringer Dichte verstanden, insbesondere in Form von freistehenden Einfamilienhäusern, großflächigen Gewerbegebieten und Einkaufszentren. Das heißt, der Grad der Zersiedelung einer Landschaft ist umso höher, desto stärker eine Siedlungsfläche verbaut ist, umso gestreuter die bebauten Flächen in der Landschaft verteilt sind, und umso geringer die Nutzungsdichte ist (Jaeger u. a. 2010; Jaeger und Schwick 2014; EEA & BAFU 2016). Tabelle 1 zeigt, wie die Begriffe Zersiedelung, Flächeninanspruchnahme und Bodenversiegelung, welche oft im Zusammenhang oder sogar synonym verwendet werden, definiert sind.

Tabelle 1: Definition von Zersiedelung, der Flächeninanspruchnahme und der Bodenversiegelung.

	Definition
Zersiedelung	Räumliche Ausbreitung von Siedlungen in der Landschaft, umso stärker eine Siedlungsfläche verbaut ist, umso gestreuter die bebauten Flächen in der Landschaft verteilt sind, und umso geringer die Nutzungsdichte ist, desto höher ist der Grad der Zersiedelung (Jaeger u. a. 2010; Jaeger und Schwick 2014).
Flächeninanspruchnahme	Flächen, die durch menschliche Eingriffe für Siedlungs-, Verkehrs-, Freizeit-, Erholungs- und Versorgungs- sowie Entsorgungszwecke verändert und/oder bebaut sind (ÖROK 2023a).
Bodenversiegelung	Flächen, die durchgehend mit einer gänzlichen wasser- und luftundurchlässigen Schicht abgedeckt sind (ÖROK 2023a).

Bei der Flächeninanspruchnahme geht es im Unterschied zur Zersiedelung nicht primär um die Verteilung der Siedlungsflächen und ihre Nutzungsdichte im Raum. Laut ÖROK (2023a) inkludiert Flächeninanspruchnahme alle Flächen, die durch menschliche Eingriffe für Siedlungs-, Verkehrs-, Freizeit-, Erholungs- und Versorgungs- sowie Entsorgungszwecke verändert und/oder bebaut sind und damit für land- und forstwirtschaftliche Nutzung und als natürlicher Lebensraum nicht mehr zu Verfügung stehen. Bodenversiegelung beschreibt alle

Flächen, die durchgehend mit einer wasser- und luftdurchlässigen Schicht bedeckt sind (ÖROK 2023a).

Die Ausbreitung von Siedlungsflächen in die Landschaft geht oft so weit, dass Ortsgrenzen ausfransen und benachbarte Ortsgebiete nahtlos ineinander übergehen (siehe Abbildung 1: Bild A). Kompakte und historisch gewachsene Dorfstrukturen (siehe Abbildung 1: Bild B), wie sie oft in Österreich zu finden sind, Stadtzentren (siehe Abbildung 1: Bild C) sowie einzelne landwirtschaftliche Betriebe oder Ausflughütten in der Landschaft (wie zum Beispiel siehe Abbildung 1: Bild D) tragen hingegen nicht oder nur wenig zur Zersiedelung bei.

Abbildung 1: Verschiedene Formen der Siedlungsstruktur in Österreich. Bild A zeigt Zersiedelung in Form räumlicher Ausbreitung von Siedlungen in der Landschaft. Bild B: zeigt kompakte und historisch gewachsenen Dorfstrukturen. Bild C zeigt eine Luftaufnahme von einem dicht besiedelten Stadtzentrum. Bild D zeigt eine einzelne Ausflugshütte, die nicht oder sehr wenig zu Zersiedelung beiträgt.



Bild A: Zersiedelung

*Feldkirchen in Kärnten,
Nordwestansicht,
Flugaufnahme*

Quelle: https://de.m.wikipedia.org/wiki/Datei:Feldkirchen_Nordwestansicht_Flugaufnahme_141226a.jpg
Joadl, lizenziert unter Cc-by-sa-3.0-at



Bild B: Kompakte und historisch gewachsene Dorfstrukturen

*Maria Raisenmarkt, Gemeinde
Alland, Aufnahme*

Quelle: https://de.m.wikipedia.org/wiki/Datei:Maria_Raisenmarkt_02_from_balloon.jpg
Christian Philipp, lizenziert unter CC-by-sa 3.0



C: Stadtzentren

Wien, Luftaufnahme

Quelle: <https://pxhere.com/de/photo/831223>
Lizenziert unter CCO Public Domain



D: Einzelne Betriebe in der Landschaft

*ÖAV Winklerner Hütte, Mölltal
an der Landesgrenze zwischen
Kärnten und Tirol*

Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Winklerner-h%C3%BCtte.jpg>
Franz Unterwainig, lizenziert unter CC BY-SA 2.0 de

Um das komplexe Phänomen Zersiedelung quantitativ zu beschreiben, entwickelten Wissenschaftler:innen in der Schweiz vor einigen Jahren eine Messgröße, mit deren Hilfe der Zersiedelungsgrad einer Landschaft beziffert werden kann (Schwick et al. 2010, Jaeger und Schwick 2014). Der Zersiedelungsgrad Z errechnet sich aus dem Anteil der Fläche, die überbaut ist, die räumliche Streuung der bebauten Flächen (auch Dispersion genannt), sowie der Nutzungsdichte, also die Anzahl der Einwohner:innen und Arbeitsplätze je Flächeneinheit. Der Zersiedelungsgrad Z steigt mit einem zunehmenden Überbauungsgrad, bei einer zunehmend gestreuten Anordnung der Siedlungsfläche und bei abnehmender Nutzungsdichte (d. h. wenige Menschen wohnen und arbeiten auf der bebauten Fläche). Der Zersiedelungsgrad Z ist Teil des Umweltmonitorings in der Schweiz und wird regelmäßig erhoben, um die Wirksamkeit politischer und planerischer Maßnahmen zu beobachten (BAFU 2023). Seit 2024 ist das Ziel, eine weitere Zunahme der Zersiedelung in der Schweiz zu verhindern, Teil der Leistungsvereinbarung des Bundesamts für Raumentwicklung und wird einem raumbezogenen Monitoring unterworfen (ARE 2023). Im Jahr 2016 verwendeten die Europäische Umweltagentur (EEA) und das Schweizer Bundesamt für Umwelt (BAFU) den Zersiedelungsgrad Z , um den Grad der Zersiedelung in den Europäischen Ländern zu vergleichen.

Auf globaler Ebene zeigt sich, dass Europa der am stärksten zersiedelte Kontinent ist (Behnisch, Krüger, und Jaeger 2022b). Hier nahm die Zersiedelung im Vergleich der Kontinente zwischen 1990 und 2014 am stärksten zu. Im globalen Ländervergleich liegt Österreich im Mittelfeld der 40 am stärksten zersiedelten Länder. Vor Österreich liegen vor allem andere europäische Länder wie die Schweiz, Deutschland, Belgien und die Niederlande. Innerhalb Europas entspricht der Grad der Zersiedelung in Österreich dem europäischen Durchschnitt (EEA & BAFU 2016).

Da die Zersiedelung von vielen unterschiedlichen sozio-ökonomischen, regulativen und demographischen Entwicklungen geprägt ist, kann sich der Zersiedelungsgrad räumlich und zeitlich stark unterschiedlich entwickeln. Die Verfügbarkeit von Gebäude- und Wohnbevölkerungsdaten in hoher Auflösung und über längere Zeitperioden hinweg hat sich in den letzten Jahren deutlich verbessert. Diese Daten ermöglichen nun eine detaillierte Analyse der Zersiedelungsentwicklung in Österreich unter besonderer Berücksichtigung der Wohnbevölkerung zwischen 1975 und 2020.

2.2 Die Messgröße der gewichteten Zersiedlung (Z) und ihre Anwendung auf den Global Human Settlement Layer

In dieser Studie quantifizieren wir die Entwicklung der Zersiedelung in Österreich über einen längeren Zeitraum hinweg mit Hilfe des erst kürzlich veröffentlichten räumlich expliziten Geodatenatzes des Global Human Settlement Layer (GHSL Data Package P2023, Quelle: European Commission. Joint Research Centre 2023). Das Ziel des Global Human Settlement Layers ist es, mit Hilfe der Fernerkundung die Verteilung von Gebäuden räumlich explizit auf der ganzen Welt abzubilden, um den menschlichen Einfluss auf dem Planeten durch zum Beispiel Urbanisierung zu erfassen. Das beinhaltet laut Definition, welche die Merkmale und Beschränkungen der Fernerkundung berücksichtigt, die Erfassung aller überdachten Bauwerke, die zu irgendeinem Zweck oberirdisch errichtet wurden (Pesaresi und Politis 2023, 7). Diese Definition inkludiert unter anderem alle Formen von Wohngebäude, öffentliche Einrichtungen, wie u.a. Schulen, Krankenhäuser und Verwaltungsgebäude, landwirtschaftliche Gebäude, Gebäude mit betrieblicher Nutzung, Bahnhöfe, Flughäfen, oder Gebäude, die für die Freizeit oder der Erholung genutzt werden, wie zum Beispiel Skiresorts und Ausflugshütten.

Das GHSL Data Package P2023 weist gegenüber seinen Vorgängermodellen wesentliche Verbesserungen auf, insbesondere was die Präzision der Überbauung mit Gebäuden, die Treffsicherheit der Zuordnung der räumlich expliziten Bevölkerungszahlen und die Erstellung von Zeitreihen in die Vergangenheit betrifft (Pesaresi und Politis 2023). Im Vergleich mit der amtlichen Statistik, die die Gebäudefläche und die Gebäudenebenfläche in Österreich erfasst, zeigt sich, dass die Geodaten des GHSL Data Package P2023, in der Regel höhere Werte für die Überbauung durch Gebäude liefern als statistische Quellen (siehe Tabelle 2 Appendix Quelle: Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (2023) und European Commission, Joint Research Centre, 2023). Unterschiede ergeben sich insbesondere durch die verschiedenen Messansätze. Der Messansatz der amtlichen Statistik hat sich über den Zeitverlauf mehrmals verändert (Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen 2023). Durch seine hohe räumlich explizite Genauigkeit, und eine Kontinuität in der Erfassung des Überbauungsgrad in der Zeitreihe, bereitet das GHSL Data Package P2023 eine valide Datengrundlage, um den Grad der Zersiedelung für die Rasterzellen mit einer Bebauung in Österreich über den Zeitverlauf zu quantifizieren.

Das GHSL Data Package P2023 beinhaltet die räumliche Verteilung der Überbauung durch Gebäude und die Wohnbevölkerungszahlen in Fünfjahresschritten zwischen 1975 und 2020. Die Daten verwenden eine Rasterzellenauflösung von 100 m x 100 m (European Commission. Joint Research Centre. 2023). Die Verteilung der mit Gebäuden bedeckten Fläche wird mit Hilfe verschiedener Satelliten über die Fernerkundung erfasst. Die Wohnbevölkerungsdaten kommen aus den jeweiligen Volkszählungsregistern und werden über räumliche Disaggregationsmethoden auf die detektierten Siedlungsflächen verteilt.

In dieser Studie werden alle 100m x 100m Rasterzellen für die Berechnung des Zersiedelungsgrades Z berücksichtigt, die eine Überbauung durch Gebäude aufweisen. Die Fläche aller Rasterzellen mit Bebauung kann nicht mit dem Siedlungsraum laut der Definition der Statistik Austria gleichgesetzt werden, befinden sich aber in einer ähnlichen Größenordnung (siehe Tabelle 1 Appendix Quelle: BMLRT (2021) und European Commission. Joint Research Centre, 2023). Die Unterschiede ergeben sich aus den verschiedenen Erhebungsmethoden. Bei der Interpretation unserer Ergebnisse muss berücksichtigt werden, dass die Rasterzellen unterschiedlich stark überbaut sein können. Der Wertebereich des Überbauungsgrads einer Rasterzelle liegt zwischen >0 bis 100%.

Die Berechnung des Zersiedelungsgrads Z für ein bestimmtes Gebiet kombiniert drei Komponenten, die die zentralen Aspekte von Zersiedlung abdecken (Jaeger u. a. 2010). Dabei handelt es sich erstens um den Überbauungsgrad eines Gebietes (**PBA** in engl.: *Percentage of Built-up Area*), die räumliche Anordnung der bebauten Flächen, auch Streuung (**DIS** in engl.: *Dispersion*) genannt sowie die Nutzungsdichte durch Einwohner:in und Arbeitsplätze (**UD** in engl.: *Use Density*; Schwick et al. 2010, Jaeger und Schwick 2014). In seiner ursprünglichen Definition berücksichtigt der Zersiedelungsgrad Z bei der Erfassung des Anteils der bebauten Fläche den gesamten Siedlungsraum inklusive der Überbauung durch Gebäude und Mobilitätsinfrastruktur sowie die Anzahl der Einwohner:innen und Arbeitsplätze in der Berechnung der Nutzungsdichte (siehe Tabelle 1). Diese Definition kann allerdings nicht auf die Daten des GHSL angewendet werden, weil dieser die Überbauung ausschließlich auf Gebäudegrundrissen definiert und keine räumlich expliziten Daten zu Arbeitsplätzen verfügbar sind. In dieser Studie beziehen wir daher die Information über den Anteil der bebauten Fläche ausschließlich auf die Überbauung mit Gebäuden und wir berücksichtigen nur die Wohnbevölkerung in der Berechnung der Nutzungsdichte (siehe Tabelle 1 Adaptierte

Definition des Zersiedelungsgrad Z). Einschränkungen, die sich aus dieser methodischen Limitation aufgrund der Datenverfügbarkeit ergeben, diskutieren wir im Abschnitt 4.3.

Table 2: Die Variablen der gewichteten Zersiedelung und ihre Einheiten in ihrer ursprünglichen Definition nach Jaeger und Schwick (2014) und in der durch die mangelnde Datenlage adaptierten Definition, die in dieser Studie zur Anwendung gekommen ist.

	Variable	Name	Einheit
Ursprüngliche Definition des Zersiedelungsgrad Z	Z	Grad der Zersiedelung	Durchsiedlungseinheiten (DSE) pro m^2 Landschaft
	PBA	Überbauungsgrad (in engl.: <i>Percentage of Built-up Area</i>)	Überbauungsgrad durch den Siedlungsraum im Untersuchungsgebiet (in %)
	DIS	Streuung der bebauten Fläche (in engl.: <i>Dispersion</i>)	Durchsiedlungseinheiten (DSE) pro m^2 bebauter Fläche
	UD	Nutzungsdichte der bebauten Fläche (in engl.: <i>Use Density</i>)	Anzahl der Einwohner: innen + Arbeitsplätze pro km^2 bebauter Fläche ($N_{p+job}/A_{built-up}$)
Adaptierte Definition des Zersiedelungsgrad Z	Z_p	Grad der Zersiedelung unter besonderer Berücksichtigung der Wohnbevölkerung	Durchsiedlungseinheiten (DSE) pro m^2 Landschaft
	PBA_{bldg}	Überbauungsgrad durch Gebäude (in engl.: <i>Percentage of Built-up Area by buildings</i>)	Überbauungsgrad durch Gebäude im Untersuchungsgebiet (in %)
	DIS	Streuung der bebauten Fläche (in engl.: <i>Dispersion</i>)	Durchsiedlungseinheiten (DSE) pro m^2 bebauter Fläche
	UD_p	Nutzungsdichte der bebauten Fläche basierend auf Wohnbevölkerung (in engl.: <i>Use Density by population</i>)	Anzahl der Einwohner: innen pro km^2 bebauter Fläche ($N_p/A_{built-up}$)

Die Berechnung des Zersiedelungsgrads Z erfolgt nach den bei Jaeger und Schwick (2014) definierten Formeln. Danach ergibt sich die Zersiedelung als Produkt von Überbauungsgrad (PBA) und Dispersion (DIS), multipliziert um zwei Gewichtungsfaktoren. Diese werden wiederum aus der Dispersion $w_1(DIS)$ und der Nutzungsdichte $w_2(UD)$ errechnet. Der Gewichtungsfaktor $w_1(DIS)$ nimmt Werte zwischen 0,5 und 1,5 an und wirkt als Verstärker bzw. Dämpfer bei höheren bzw. niedrigeren Dispersionswerten. Der Faktor $w_2(UD)$ skaliert die Nutzungsdichte umgekehrt proportional zu ihr auf den Wertebereich zwischen 0 und 1. Das führt dazu, dass der Zersiedelungsgrad bei einer hohen Nutzungsdichte sinkt. Da uns für die untersuchten Jahre nur die Überbauung durch Gebäude und die Wohnbevölkerungsdaten zu Verfügung stehen, haben wir die ursprüngliche Definition des Zersiedelungsgrad Z adaptiert

(siehe eq. 1 und auch Tabelle 2), sodass das Resultat als Grad der Zersiedelung unter besonderer Berücksichtigung der Wohnbevölkerung interpretiert werden kann (Z_p).

$$(eq. 1) \quad Z_p = PBA_{bldg} \cdot DIS \cdot w_1(DIS) \cdot w_2(UD_{pop})$$

Die Eingangsgröße der Dispersion der bebauten Fläche (DIS) wird durch ein komplexes Rechenverfahren ermittelt. Bei diesem wird innerhalb eines festgelegten Radius um eine bebaute Rasterzelle aus den Abständen sämtlicher möglichen Rasterzellenpaarungen mit Bebauung der Mittelwert berechnet und an der Position der Rasterzelle gespeichert. Die Dispersion einer Gebietseinheit berechnet sich dann aus dem Mittelwert dieser Rasterzellenwerte (Jaeger et al. 2010). In unserer Studie entspricht die Rasterzelle selbst der betrachteten Gebietseinheit, sodass die Dispersionswerte unmittelbar aus dem berechneten Raster hervorgehen. Der festgelegte Radius ergibt sich aus dem Wahrnehmungshorizont von 2 km. Die zugrundeliegende Annahme ist, dass Zersiedelung von Menschen visuell erfasst werden kann und 2 km die durchschnittliche wahrnehmbare Distanz im Raum ist, die ein Mensch überblicken kann (Jaeger und Schwick 2014).

Der Zersiedelungsgrad (Z/Z_p) ist Null in Gebieten, in denen keine Bebauung existiert. Sobald eine Siedlungstätigkeit (d. h. eine Bebauung) stattfindet, steigt der Wert mit zunehmendem Überbauungsgrad, mit zunehmender Dispersion (d. h. mit abnehmender Kompaktheit) der bebauten Flächen und mit abnehmender Nutzungsdichte. Den größten Einfluss hat hierbei der Überbauungsgrad, jedoch kann durch die Einbeziehung der Gewichtungsfunktionen $w_1(DIS)$ und Faktor $w_2(UD)$ der Zersiedelungsgrad in abnehmende Richtung korrigiert werden. Dadurch erscheinen bei entsprechend hochaufgelöster Granularität der untersuchten Gebietseinheiten beispielsweise Stadtzentren in hochverdichteten Metropolen (z. B. Wien) als sehr gering oder nicht zersiedelt, obwohl der Überbauungsgrad bei Werten nahe 100% liegt. Dies gilt entsprechend auch für kompakte Dorfkerne, die aufgrund ihrer höheren Nutzungsdichten niedrigere Z-Werte aufweisen als lockere Siedlungen. Gleichzeitig ergibt sich aus dem starken Einfluss des Überbauungsgrads bei der Berechnung des Z-Werts, dass zum Beispiel ein einzelnes freistehendes Haus innerhalb der Untersuchungseinheit durch eine sehr niedrige Bebauungsdichte einen geringen Zersiedelungsgrad aufweist (Brenner u. a. 2024). Das heißt, ein hoher Überbauungsgrad, bei stärkerer Streuung und geringer Nutzungsdichte bewirken steigende Zersiedelungswerte. Dies ist etwa bei Einfamilienhaussiedlungen an der

Peripherie urbaner Räume der Fall, aber beispielsweise auch bei Streusiedlungen im ländlichen Bereich.

Für eine Vergleichbarkeit der Z-Werte müssen Grenzwerte für die Bewertung der Zersiedelung festgelegt werden. Wir beziehen uns hier auf eine fünfstufige Skalierung, die in einer Studie zur globalen Zersiedelung auf Basis des GHSL vorgestellt und in einem regionalen Kontext für die Zersiedelungsmessung in den Planungsregionen Deutschlands angewendet wurde (Behnisch, Krüger, und Jaeger 2021; 2022a; 2022b). Die Grenzwerte haben sich als sinnvoll für die Interpretation des Zersiedelungsgrads in Österreich erwiesen und sind in Tabelle 3 aufgeführt.

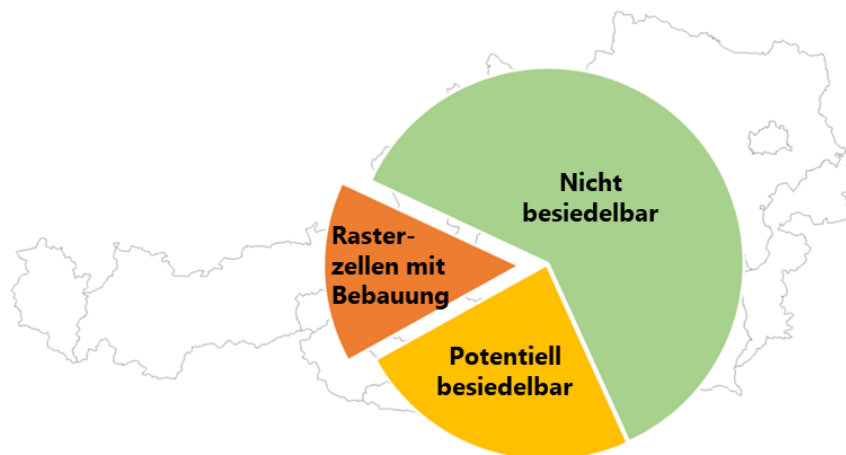
Tabelle 3: Klassifizierung der Zersiedelung nach Behnisch, Krüger, und Jaeger (2021; 2022a; 2022b)

Z_p-Werte	Klasse	Ausprägung der Zersiedelung
> 0 – 0,1	0	sehr geringe
> 0,1 – 0,5	1	gering
> 0,5 – 1,5	2	moderat
> 1,5 – 3,0	3	hoch
> 3,0	4	sehr hoch

3. Die Entwicklung der Zersiedelung in Österreich zwischen 1975 und 2020

Die Fläche, die in Österreich für Siedungszwecke genutzt werden kann, ist begrenzt. Neben anderen Faktoren limitiert ein hoher alpiner Flächenanteil den potentiellen Siedlungsraum, den sog. Dauersiedlungsraum, auf rund 39% (siehe Abbildung 2 Kreisdiagramm: nicht besiedelbar und Tabelle 1 Appendix Quelle: BMLRT, 2021). Der Flächenanteil aller Rasterzellen mit einer Bebauung durch Gebäude an der Gesamtfläche Österreichs beträgt im Jahr 2020 15% (siehe Abbildung 2 Kreisdiagramm: Rasterzellen mit Bebauung und Tabelle 1 Appendix Quelle: European Commission. Joint Research Centre. 2023). Dieses Ergebnis deckt sich weitestgehend mit dem Anteil des Siedlungsraums an der Gesamtfläche (14%) der Statistik Austria aus dem Jahr 2020 (siehe Tabelle 1 Appendix Quelle: BMLRT, 2021, Abweichungen ergeben sich aus unterschiedlichen Definitionen und Erhebungsmethoden).

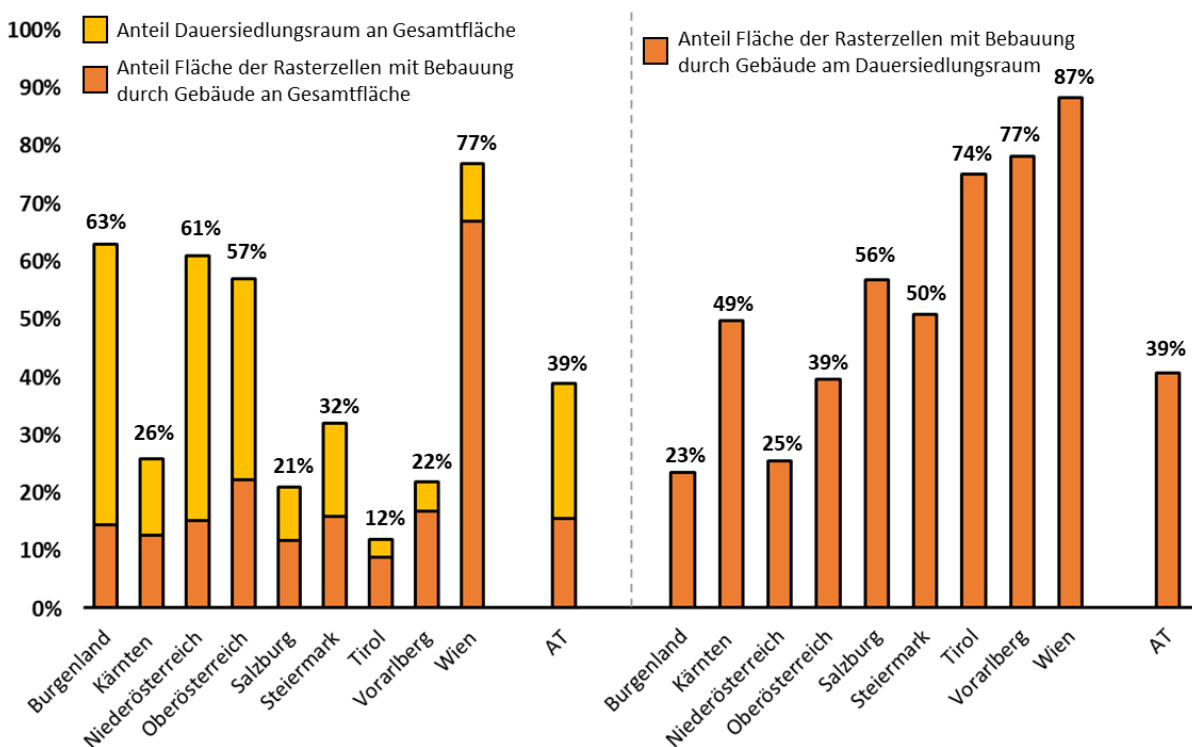
Abbildung 2: Anteile der nicht besiedelbaren, potentiell besiedelbaren Fläche und der Fläche der Rasterzellen mit einer Bebauung an der Gesamtfläche in Österreich im Jahr 2020. Quelle: Nicht besiedelbar und potentiell besiedelbar Flächen basierend auf BMLRT (2021), Anteil Fläche der Rasterzellen mit Bebauung durch Gebäude basiert auf eigenen Berechnungen mit dem GHSL Data Package P2023 (European Commission. Joint Research Centre. 2023).



Das linke Diagramm von Abbildung 3 zeigt den Anteil des Dauersiedlungsraums sowie den Anteil der Fläche der Rasterzellen mit Bebauung durch Gebäude an der Gesamtfläche der neun Bundesländer und Österreich für das Jahr 2020. Das rechte Diagramm gibt Informationen über den Anteil der Fläche der mit Gebäuden bebauten Rasterzellen am

Dauersiedlungsraum des jeweiligen Bundeslandes (siehe auch Tabelle 1 Appendix Quelle: Gesamtfläche, Dauersiedlungsraum: (BMLRT 2021), Fläche der Rasterzellen mit Bebauung (European Commission. Joint Research Centre. 2023)). Es zeigt sich, dass im Jahr 2020 der Anteil der Fläche der Rasterzellen mit Bebauung an der Fläche des Dauersiedlungsraums in Österreich 39% beträgt.

Abbildung 3: Anteil Dauersiedlungsraum und Anteil Fläche der Rasterzellen mit Bebauung durch Gebäude an der Gesamtfläche der Bundesländer und Österreich für das Jahr 2020. Anteil der Fläche der Rasterzellen mit Bebauung durch Gebäude an der Fläche des Dauersiedlungsraum für das Jahr 2020. Quelle: Dauersiedlungsraum: BMLRT (2021), Anteil Fläche der Rasterzellen mit Bebauung basiert auf eigenen Berechnungen mit dem GHSL Data Package P2023 (European Commission. Joint Research Centre. 2023).



Im Folgenden zeigen wir im ersten Teil unserer Ergebnisse, wie sich die Flächen der Rasterzellen mit Bebauung durch Gebäude und der Anzahl der Wohnbevölkerung in Österreich in Hinblick auf den Grad der Zersiedelung zwischen 1975 und 2020 entwickeln. Im zweiten Teil unserer Ergebnisse beschreiben wir diese Entwicklung für die neun Bundesländer Österreichs.

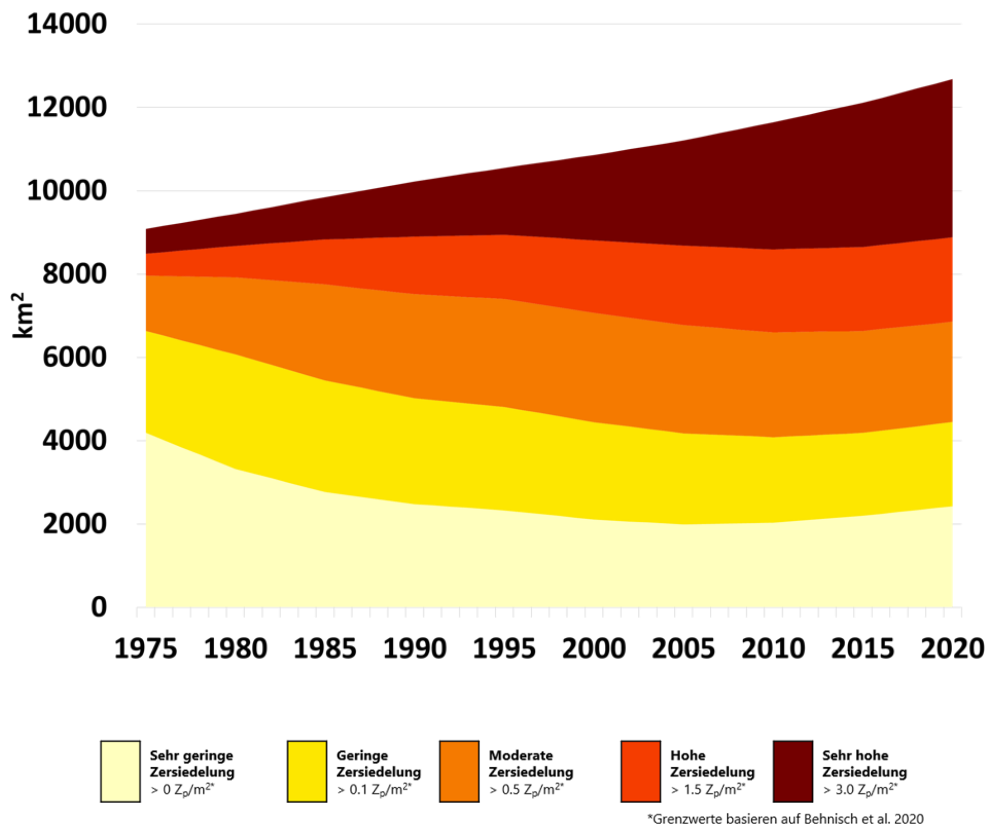
3.1 Rapider Anstieg der Zersiedelung in Österreich

Unsere Berechnungen zeigen, dass im Jahr 1975 nicht nur die bebaute Fläche wesentlich niedriger war als heute, sondern auch der Grad der Zersiedelung in Österreich noch relativ

niedrig war. Der Anteil der Rasterzellen mit Bebauung an der Gesamtfläche und an der Fläche des Dauersiedlungsraum war 1975 erheblich geringer als heute, zudem war der Anteil der wenig zersiedelten Flächen höher: 73% der Fläche aller Rasterzellen weisen 1975 eine geringe oder sehr geringe Zersiedelung auf. Das ändert sich in den folgenden 45 Jahren drastisch. In Abbildung 4 zeigen wir, wie sich die Fläche aller Rasterzellen mit Bebauung in Hinblick auf den Grad der Zersiedelung in Österreich zwischen 1975 und 2020 entwickelt. In diesem Zeitraum wächst die absolute Fläche der Rasterzellen mit Bebauung von 9.000 km² auf 12.700 km², was nahezu der Fläche Burgendlands entspricht. Die Rasterzellen mit Bebauung weisen einen unterschiedlichen Zersiedelungsgrad auf, wobei sich die Anteile der stärker bzw. weniger stark zersiedelten Rasterzellen im Zeitverlauf stark veränderten.

Abbildung 4 zeigt, dass sich zwischen 1975 und 2005 die Fläche der Rasterzellen mit Bebauung mit einem sehr geringen Zersiedelungsgrad (Abbildung 2: hellgelbe Fläche) um mehr als die Hälfte von rund 4.200 km² auf 2.000 km² reduziert. Das entspricht einem Flächenverlust von Rasterzellen mit einer sehr geringen Zersiedelung in der Größenordnung Vorarlbergs. Seit 2005 steigt die Fläche, die eine sehr geringe Zersiedelung aufweist, wieder leicht an, von rund 2.000 km² im Jahr 2005 auf 2.400 km² im Jahr 2020. Damit wächst die Fläche der Rasterzellen mit einem sehr geringen Zersiedelungsgrad wieder, in etwa um die Größe Wiens. Insgesamt reduziert sich die Fläche mit einem geringen und sehr geringen Zersiedelungsgrad (Abbildung 4: gelbe und hellgelbe Flächen) von rund 6.600 km² im Jahr 1975 auf eine Fläche von rund 4.500 km² im Jahr 2020. Im Jahr 2020 sind nur noch rund 35% der Fläche aller Rasterzellen mit Bebauung gering oder sehr gering zersiedelt.

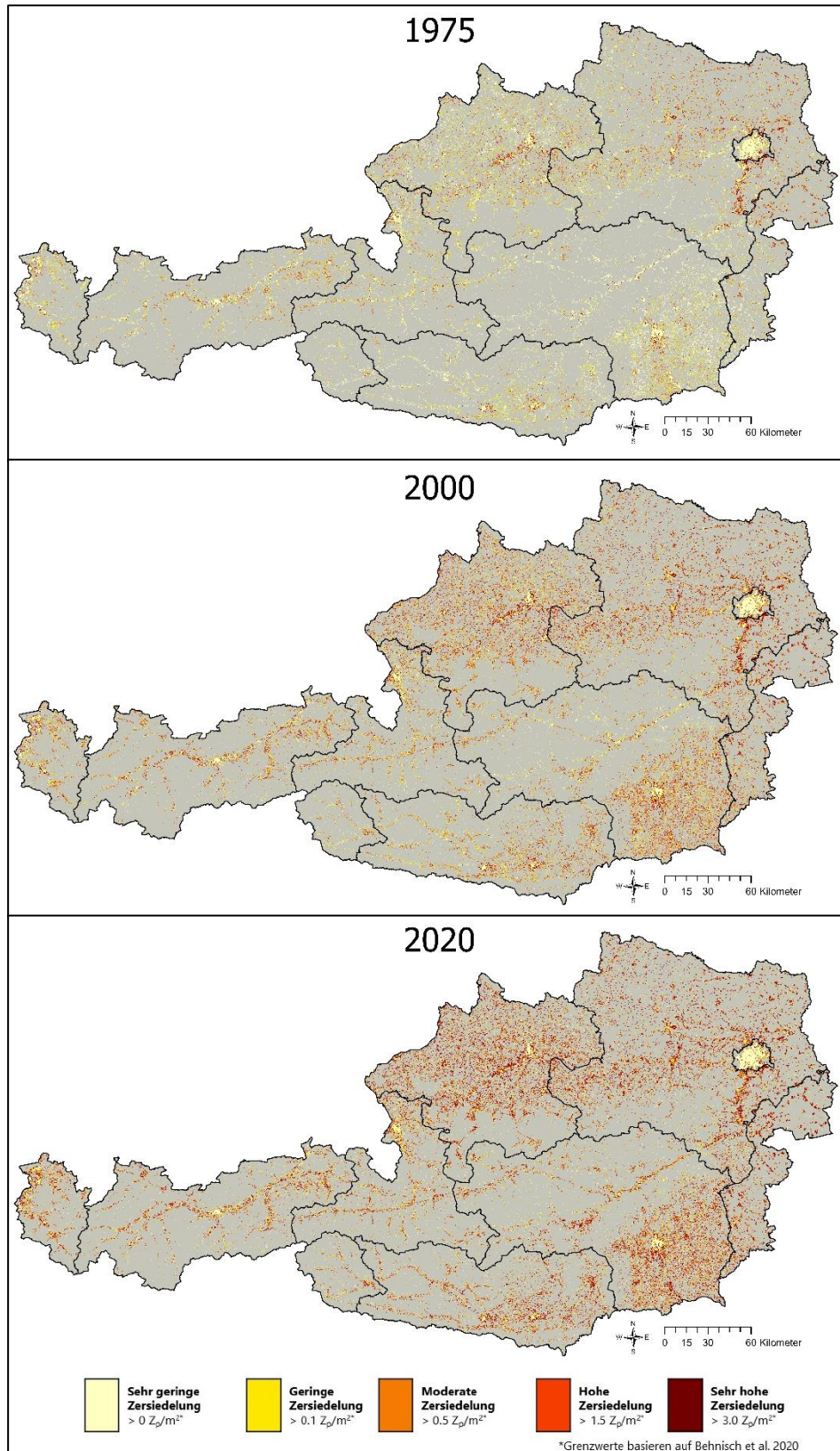
Abbildung 4: Die Entwicklung des Grads der Zersiedelung an der Fläche der Rasterzellen mit Bebauung durch Gebäude unter besonderer Berücksichtigung der Wohnbevölkerung in Österreich zwischen 1975 und 2020 (in km²). Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf GHSL Data Package P2023 (European Commission. Joint Research Centre. 2023), die Flächenanteile der 100m x 100m Rasterzellen mit Bebauung durch Gebäude und Einwohner:innen wurden für die Zwischenjahre für die keine Daten zu Verfügung stehen linear interpoliert.



Im Jahr 1975 beträgt der Anteil der hoch und sehr hoch zersiedelten Rasterzellen 12% (Abbildung 2: rot und dunkelrote Flächen). Zwischen 1975 und 2020 wächst die Fläche mit einer hohen und sehr hohen Zersiedelung um den Faktor fünf von rund 1.100 km² auf rund 5.800 km². Seit 2005 überwiegt die Fläche mit einem hohen und sehr hohen Grad der Zersiedelung gegenüber der Fläche mit einem geringen oder sehr geringen Grad der Zersiedelung. Dabei wächst der Flächenanteil der sehr hoch zersiedelten Rasterzellen (Abbildung 2: dunkelrote Flächen) stärker als der Anteil der hoch zersiedelten Zellen (Abbildung 2: rote Flächen). Im Jahr 1975 sind rund 600 km² der Flächen der Rasterzellen mit einer Bebauung durch Gebäude in Österreich sehr hoch zersiedelt. Dieser Anteil versechsfacht sich bis zum Jahr 2020 auf rund 3.800 km².

Die Zersiedelung wird durch unterschiedliche sozio-ökonomische, regulative und demographische Entwicklungen beeinflusst, daher kann sich der Grad der Zersiedelung räumlich stark unterscheiden. Abbildung 5 zeigt die fünfstufige Klassifizierung der Zersiedelung für die Rasterzellen mit Bebauung in Österreich unter besonderer Berücksichtigung der Wohnbevölkerung zwischen 1975 und 2020 in Fünfjahresabschnitten. Helle Gelbtöne weisen auf Gebiete hin, die gering oder sehr gering zersiedelt sind, wie zum Beispiel die Stadtzentren von Wien und weiterer Großstädte wie Graz, Linz, Salzburg, Innsbruck, Villach und Klagenfurt. Hier sorgen trotz des hohen Überbauungsgrades mit Gebäuden die hohe Dichte an Wohnbevölkerung und eine kompakte Struktur für die einen geringen Grad der Zersiedelung. Der visuelle Eindruck der Karten zeigt, dass der Anteil der gering zersiedelten Bereiche abgenommen hat, während der Anteil der hoch zersiedelten Gebiete über den Zeitraum von 45 Jahren zugenommen hat.

Abbildung 5: Räumlich explizite Darstellung der Entwicklung der Rasterzellen mit Bebauung durch Gebäude im Hinblick auf den Grad der Zersiedelung für die Jahre 1975, 2000 und 2020 unter besonderer Berücksichtigung der Wohnbevölkerung. Zu Illustrationszwecken ist die Rasterzellengröße auf 500m x 500m vergrößert worden. Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf GHSL Data Package P2023 (European Commission. Joint Research Centre. 2023)



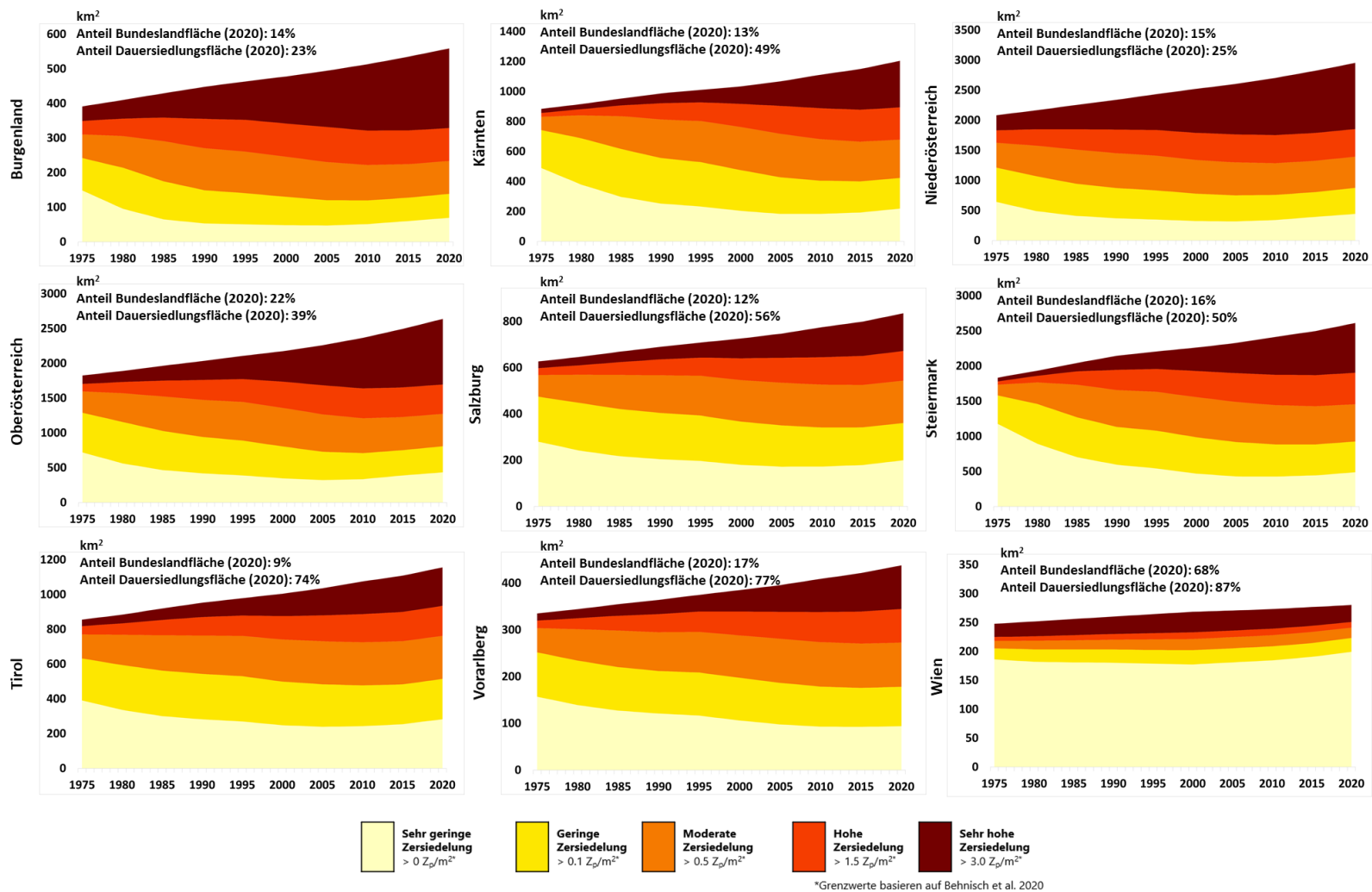
3.2 Entwicklung der Zersiedelung in den österreichischen Bundesländern

Aufgrund der topographischen Gegebenheiten unterscheiden sich die Anteile des Dauersiedlungsraums in den österreichischen Bundesländern. So weisen Wien, Burgenland, Niederösterreich und Oberösterreich Dauersiedlungsraumanteile zwischen 57% und 77% ihrer Landesfläche auf. In den Bundesländern Steiermark, Kärnten, Vorarlberg und Salzburg beträgt der Anteil zwischen ca. 20% und 30%, in Tirol dagegen nur 12% (siehe Abbildung 3 und Tabelle 1 Appendix Quelle: BMLRT 2021). Tabelle 3 zeigt, wie sich die Bundesländer in ihrer Wohnbevölkerung, Bevölkerungsdichte, der Überbauung durch Gebäude (in km²) und dem Bebauungsgrad im Jahr 2020 unterscheiden (Quelle: GHSL Data Package P2023, siehe auch Tabelle 2 Appendix und Tabelle 3 Appendix für einen Abgleich der Daten mit der Regionalinformation des Bundesamts für Eich- und Vermessungswesen Österreich und Tabelle 4 für einen Abgleich der Daten mit der der Bevölkerungsstatistik der Statistik Austria). Abbildung 6 zeigt die Entwicklung der Flächenanteile der verschiedenen Grade der Zersiedelung in den Bundesländern zwischen 1975 und 2020.

Table 4: Bevölkerungsdichte in Anzahl der Personen pro 100m x 100m Rasterzelle und Bebauungsgrad in Überbauung durch Gebäude pro 100m x 100m Rasterzelle für die österreichischen Bundesländer im Jahr 2020. Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf GHSL Data Package P2023 (European Commission. Joint Research Centre. 2023)

	Burgen-land	Kärnten	Nieder-österreich	Ober-österreich	Salzburg	Steiermark	Tirol	Vorarlberg	Wien
Wohn-bevölkerung (in 100.000 Personen)	3	6	17	15	6	13	8	4	19
Bevölkerungsdichte in Anzahl der Personen pro 100m x 100m Rasterzelle									
Min	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
25% Quantil	1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	1	14
50% Quantil	3	2	2	2	2	2	2	3	50
75% Quantil	7	5	7	6	7	5	6	10	97
Max	121	161	167	262	296	346	271	172	464
Überbauung durch Gebäude (in km ²)	61	86	303	238	65	186	89	43	71
Bebauungsgrad in Überbauung durch Gebäude pro 100m x 100m Rasterzelle									
Min	< 1%	< 1%	< 1%	< 1%	< 1%	< 1%	< 1%	< 1%	< 1%
25% Quantil	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	12%
50% Quantil	6%	4%	5%	5%	4%	3%	3%	5%	26%
75% Quantil	17%	10%	16%	13%	11%	10%	10%	15%	36%
Max	100%	99%	100%	100%	95%	100%	99%	96%	100%

Abbildung 6: Die Entwicklung des Grads der Zersiedelung an der Fläche der Rasterzellen mit Bebauung durch Gebäude unter besonderer Berücksichtigung der Wohnbevölkerung in den Bundesländern Österreichs zwischen 1975 und 2020 (in km²). Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf GHSL Data Package P2023 (European Commission. Joint Research Centre. 2023), die Flächenanteile der 100m x 100m Rasterzellen mit Bebauung durch Gebäude und Einwohner:innen wurden für die Zwischenjahre, für die keine Daten zu Verfügung stehen, linear interpoliert.



Im Jahr 1975 sind rund 240 km² der Rasterzellen mit einer Bebauung durch Gebäude im **Burgenland** gering und sehr gering zersiedelt (Abbildung 6: gelbe und hellgelbe Flächen) und rund 80km² hoch und sehr hoch zersiedelt (Abbildung 6: rot und dunkelrote Flächen). Der Anteil den die bebauten Rasterzellen im Verhältnis zum Dauersiedlungsraum einnehmen, beträgt zu diesem Zeitpunkt 16%. Dieser Anteil wächst bis in das Jahr 2020 auf rund 23% (siehe Abbildung 2). Das Burgenland hat im Verhältnis zu seiner Gesamtfläche, nach Wien, im Bundesländervergleich den größten Anteil am Dauersiedlungsraum (63%). Im Jahr 2020 sind im Burgenland rund 140 km² der Rasterzellen mit Bebauung gering und sehr gering zersiedelt und rund 330 km² hoch und sehr hoch zersiedelt. Sehr hoch zersiedelte Flächen sind zweieinhalbmal so groß wie hoch zersiedelte Fläche. Zwischen 1975 und 2020 hat sich der Flächenanteil der Rasterzellen mit Bebauung, die potentiell als sehr hoch zersiedelt angesehen werden können, um 40 km² im Jahr 1975 zu 230 km² im Jahr 2020 mehr als verfünffacht.

In **Kärnten** sind im Jahr 1975 rund 740 km² der Rasterzellenflächen mit einer Bebauung gering oder sehr gering zersiedelt (Abbildung 6: gelbe und hellgelbe Flächen). Im selben Zeitraum weisen rund 50 km² eine hohe oder sehr hohe Zersiedelung auf (Abbildung 6: rot und dunkelrote Flächen). Zwischen 1975 und 2020 steigt der Flächenanteil der Rasterzellen mit einer Bebauung an der Fläche des Dauersiedlungsraum von 36% auf 49% (siehe Abbild 2). Im Jahr 2020 sind rund 420 km² der Rasterzellen gering oder sehr gering zersiedelt und 520 km² hoch oder sehr hoch zersiedelt. Der Anteil der potentiell sehr hoch zersiedelten Flächen (Abbildung 3: dunkelrote Flächen) hat sich von rund 30 km² im Jahr 1975 auf rund 310 km² im Jahr 2020 mehr als verelffacht.

Die Fläche der Rasterzellen mit einem hohen und sehr hohen Zersiedlungsgrad beträgt rund 460 km² in Niederösterreich im Jahr 1975. Die Fläche mit einer potentiell geringen und sehr geringen Zersiedlung ist mit rund 1.200 km² zu diesem Zeitpunkt fast dreimal so groß. Unsere Berechnungen zeigen, zwischen 1975 und 2020 wächst der Flächenanteil der bebauten Rasterzellen an der Fläche des Dauersiedlungsraum von 18% auf 25%. Im Jahr 2020 sind nur noch rund 880 km² der Flächen der Rasterzellen mit Bebauung gering und sehr gering zersiedelt. Der Anteil der hohen und sehr hoch zersiedelten Flächen beträgt in demselben Jahr rund 1.560 km², wobei der Anteil der sehr hoch zersiedelten Flächen (Abbildung 6: dunkelrote Flächen) gegenüber den hoch (Abbildung 6: rot Flächen) zersiedelten Flächen mehr als doppelt so groß ist.

Im Jahr 1975 können in **Oberösterreich** rund 1.290 km² der Rasterzellen mit einer Bebauung als gering oder sehr gering zersiedelt angesehen werden, und rund 230 km² der Flächen als hoch oder sehr hoch zersiedelt. Zwischen 1975 und 2020 steigt der Flächenanteil der bebauten Rasterzellen am Dauersiedlungsraum um 12% an (1975: 27%; 2020: 39% (siehe auch Abbildung 2). Rund 800 km² der Rasterzellen haben im Jahr 2020 einen geringen oder sehr geringen Grad der Zersiedlung. Die Fläche mit einer potentiell hohen und sehr hohen Zersiedlung beträgt zu demselben Zeitpunkt rund 1.360 km². Das entspricht einer Versechsfachung der hohen und sehr hoch zersiedelten Flächen aller Rasterzellen mit einer Bebauung in Oberösterreich zwischen 1975 und 2020 (Abbildung 6: rot und dunkelrote Flächen).

Im Jahr 1975 beträgt die Fläche der Rasterzellen mit Bebauung, die potentiell als gering oder sehr gering zersiedelt angesehen werden können, in **Salzburg** rund 470 km². Rund 60 km² der Rasterzellen sind in demselben Zeitraum hoch und sehr hoch zersiedelt. Zwischen 1975 und 2020 wächst der Flächenanteil der Rasterzellen mit einer Bebauung an der Fläche des Dauersiedlungsraum in Salzburg von 42% auf 56% (siehe auch Abbildung 2). Rund 360 km² der Rasterzellen sind im Jahr 2020 potentiell gering und sehr gering zersiedelt und rund 290 km² hoch und sehr hoch zersiedelt. Damit ist der Anteil der geringen und sehr gering zersiedelten Flächen (Abbildung 6: gelbe und hellgelbe Flächen) in Salzburg geringfügig größer als der Anteil der hohen und sehr hoch zersiedelten Flächen (Abbildung 6: rot und dunkelrote Flächen). Die Flächen der Rasterzellen mit Bebauung, die in Salzburg als hoch und sehr hoch zersiedelt interpretiert werden können, haben sich verfünffacht.

In der **Steiermark** sind im Jahr 1975 rund 1.580 km² der Flächen der Rasterzellen mit einer Bebauung gering und sehr gering zersiedelt. Der Anteil der hohen und sehr hoch zersiedelten Flächen beträgt zu diesem Zeitpunkt, mit rund 100 km², 5% der absoluten Flächen der Rasterzellen mit Bebauung. Der Flächenanteil der Rasterzellen mit einer Bebauung an der Fläche des Dauersiedlungsraum ist unseren Berechnungen nach von 1975 bis 2020 von 35% auf 55% gestiegen (+15 Prozentpunkte). Im Jahr 2020 sind rund 930 km² der Rasterzellen potentiell gering und sehr gering zersiedelt. Rund 1.160 km² der Rasterzellen können im Jahr 2020 in der Steiermark als potentiell hoch und sehr hoch zersiedelt angesehen werden. Der Anteil der sehr hoch zersiedelten Flächen (Abbildung 6: dunkelrote Flächen) ist zwischen 1975 und 2020 stärker gestiegen als der Anteil der der hoch zersiedelten Flächen (Abbildung 3: rot

Flächen). In der Steiermark haben sich die sehr hoch zersiedelten Flächen der Rasterzellen mit Bebauung zwischen 1975 und 2020 mehr als verdreizehnfacht (sehr hoch zersiedelt 1975: 50 km²; 2020: 710 km²).

In **Tirol** ist der Flächenanteil der Rasterzellen mit Bebauung im Verhältnis zum Dauersiedelungsraum zwischen 1975 und 2020 um 20% angestiegen, von 54% auf 74%. Im Jahr 1975 sind rund 630 km² der Rasterzellen potentiell gering und sehr gering zersiedelt und rund 80 km² der besiedelten Flächen hoch und sehr hoch zersiedelt. Im Jahr 2020 beträgt in Tirol die Fläche mit einem geringen und sehr geringen Zersiedelungsgrad rund 510 km² die Fläche mit einem hohen und sehr hohen Zersiedelungsgrad beträgt rund 390 km². Damit ist der Anteil der geringen und sehr gering zersiedelten Flächen (Abbildung 6: gelbe und hellgelbe Flächen) in Tirol größer als der Anteil der hohen und sehr hoch zersiedelten Flächen (Abbildung 6: rot und dunkelrote Flächen). Die hohen und sehr hoch zersiedelten Flächen an der Fläche der Rasterzellen mit Bebauung in Tirol haben sich zwischen 1975 und 2020 mehr als vervierfacht.

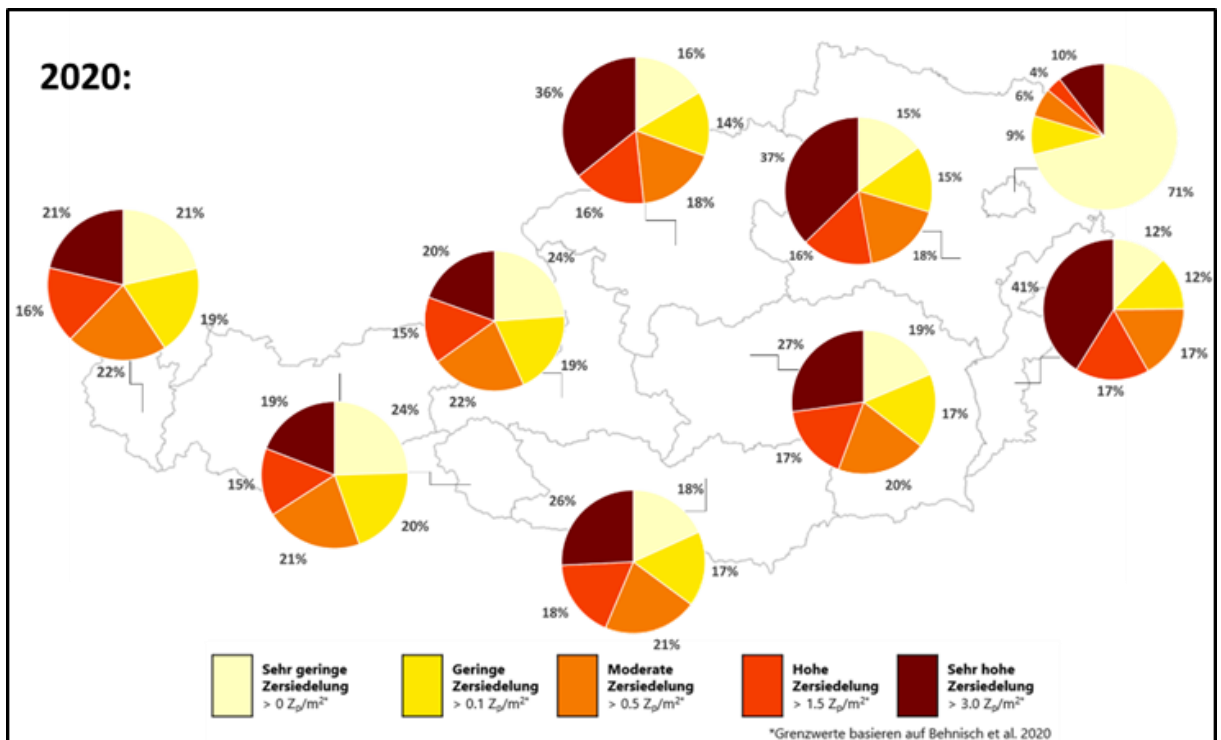
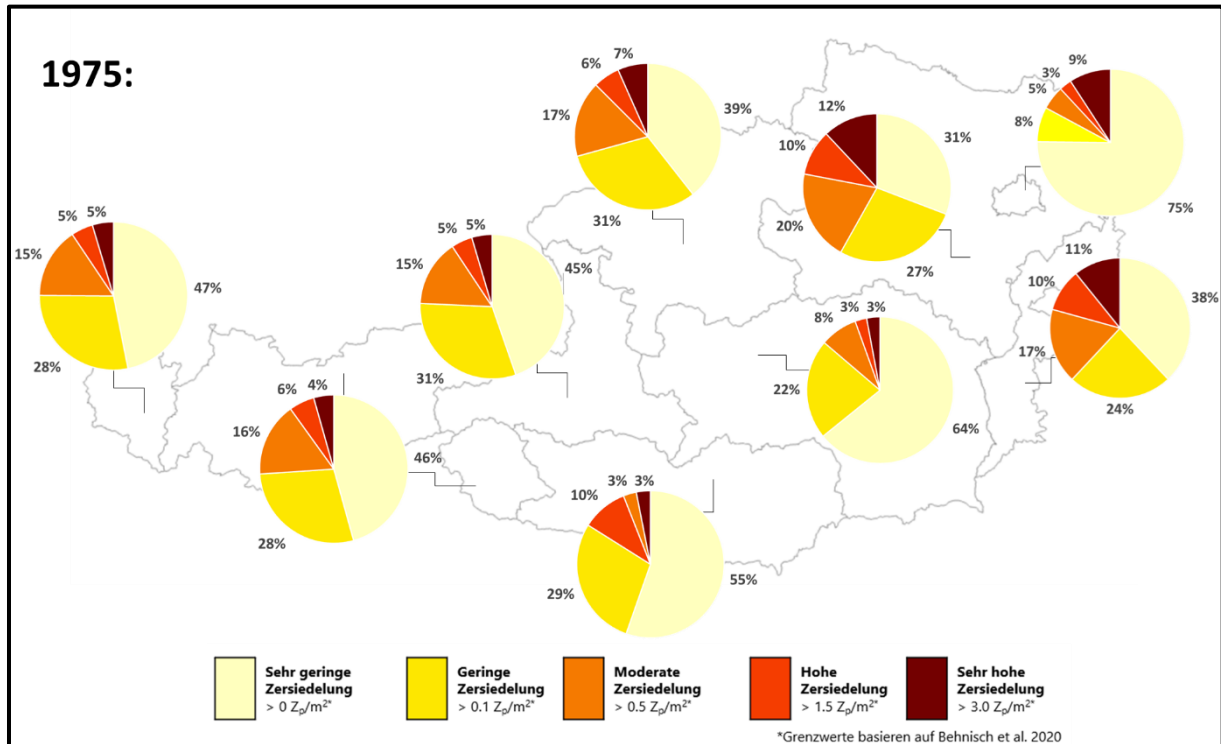
Der Flächenanteil der Rasterzellen mit Bebauung an der Fläche des Dauersiedelungsraum ist in **Vorarlberg** zwischen 1975 und 2020, von 59% auf 77%, um +18 Prozentpunkte gestiegen. Im Jahr 1975 können rund 250 km² der Rasterzellen als gering und sehr gering zersiedelt angesehen werden und rund 30km² sind potentiell hoch und sehr hoch zersiedelt. Im Jahr 2020 beträgt die Fläche mit einer geringen und sehr geringen Zersiedelung rund 180 km² und die Fläche mit einer hohen und sehr hohen Zersiedelung rund 170 km². Damit ist im Jahr 2020 der Anteil der geringen und sehr gering zersiedelten Flächen in Vorarlberg in etwa gleich groß wie der Anteil hoch und sehr hoch zersiedelter Flächen. In Vorarlberg haben sich die potentiell hohen und sehr hoch zersiedelten Flächen der Rasterzellen mit Bebauung zwischen 1975 und 2020 verfünffacht.

In **Wien** beträgt der Anteil der geringen und sehr gering zersiedelten Flächen der Rasterzellen mit Bebauung im Jahr 1975 rund 205 km² und die hohen und sehr hoch zersiedelten Flächen rund 30 km². Im Jahr 1975 liegt der Flächenanteil der Rasterzellen mit Bebauung am Dauersiedelungsraum in Wien unseren Berechnungen nach bei 77% und steigt auf 87% im Jahr 2020 (siehe auch Abbildung 2). Rund 220 km² der Rasterzellen können in Wien im Jahr 2020 als gering und sehr gering zersiedelt angesehen werden (Abbildung 6: gelbe und hellgelbe Flächen) und rund 40 km² hoch und sehr hoch zersiedelt (Abbildung 3: rot und dunkelrote

Flächen). Damit ist in Wien zwischen 1975 und 2020 die Fläche mit einer geringen und sehr geringen Zersiedelung leicht angestiegen.

Die österreichischen Bundesländer unterscheiden sich in ihrer Größe und dem Anteil der Flächen, die potentiell für Siedlungszwecke genutzt werden können. **Abbildung 7 zeigt** die relativen Anteile des Zersiedelungsgrads (sehr gering, gering, moderat, hoch und sehr hoch) an den besiedelten Flächen für jedes Bundesland im Jahresvergleich 1975 und 2020.

Abbildung 7: Relative Anteile des Grads der Zersiedelung unter besonderer Berücksichtigung der Wohnbevölkerung an der jeweiligen Gesamtfläche aller Rasterzellen mit Bebauung für die österreichischen Bundesländer (Burgenland, Kärnten, Niederösterreich, Oberösterreich, Salzburg, Steiermark, Tirol, Vorarlberg und Wien) im Jahr 1975 und 2020. Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf GHSL Data Package P2023 (European Commission. Joint Research Centre. 2023)



Im Vergleich des relativen Anteils des Grads der Zersiedlung an der Gesamtfläche aller Rasterzellen mit Bebauung im Jahr 1975 zeigt sich, dass in allen Ländern die Zersiedelung noch gering ausgeprägt war, d. h. die Rasterzellen mit geringer und sehr geringer Zersiedelung bilden den Großteil der bebauten Gebiete (Abbildung 7: gelbe und hellgelbe Flächen). Der Anteil beträgt in den Bundesländern Kärnten, Steiermark und Wien über 80% der jeweiligen Gesamtflächen aller Rasterzellen mit Bebauung, in Oberösterreich, Tirol und Vorarlberg zwischen 70% und 75% und im Burgenland und in Niederösterreich rund 60%. Im selben Jahr liegt der relative Anteil der hohen und sehr hoch zersiedelten Flächen (Abbildung 7: rote und dunkelrote Flächen) an der Gesamtfläche aller Rasterzellen mit Bebauung im Schnitt der Bundesländer bei 12%. Burgenland und Niederösterreich weisen im Bundeslandvergleich die höchsten Anteile von mehr als 20% auf. Kärnten und die Steiermark zeigen mit 6% hier die geringsten Anteile hoher und sehr hoher Zersiedelung.

Zwischen 1975 und 2020 nimmt der Anteil der hoch und sehr hoch zersiedelten Flächen relativ zur Gesamtfläche aller Rasterzellen mit Bebauung in allen Bundesländern außer in Wien stark zu. Obwohl die gering und sehr gering zersiedelten Rasterzellen in Wien in absoluten Zahlen leicht ansteigen (siehe Abbildung 6), sinkt deren relativer Anteil marginal von 83% auf 80% (siehe Abbildung 7).

Im Durchschnitt steigt der relative Anteil der hoch und sehr hoch zersiedelten Fläche an der Gesamtfläche aller Rasterzellen mit Bebauung in den Bundesländern, ohne Wien, zwischen 1975 und 2020, um mehr als 30 Prozentpunkte an. Im Burgenland ist der relative Anteil mit 58% im Jahr 2020 im Bundeslandvergleich am höchsten. Auch in Oberösterreich und in Niederösterreich ist der relative Anteil der hohen und sehr hohen Zersiedlung an der Gesamtfläche aller Rasterzellen mit Bebauung mit über 50% besonders stark ausgeprägt. Im Verhältnis zum Dauersiedlungsraum ist die Fläche der Rasterzellen, die potentiell als hoch und sehr hoch zersiedelt angesehen werden kann, in Oberösterreich stärker ausgeprägt als in Niederösterreich.

In Oberösterreich und in der Steiermark ist der Anstieg des Anteils der potentiell hohen und sehr hoch zersiedelten Fläche zwischen 1975 und 2020 mit +39 Prozentpunkten am stärksten ausgeprägt. Gleichzeitig fällt in diesen Ländern zusammen mit Kärnten der Rückgang des gering und sehr gering zersiedelten Flächenanteils am stärksten aus (Oberösterreich: -40 Prozentpunkte, Niederösterreich, Kärnten: -50 Prozentpunkte).

In Salzburg, Tirol und Vorarlberg ist der Anteil der Fläche der Rasterzellen mit Bebauung am Dauersiedlungsraum im Bundeslandvergleich am höchsten. Zwischen 1975 und 2020 ist dieser Anteil in Tirol und Vorarlberg mit +20 Prozentpunkten am stärksten angestiegen. In allen drei Bundesländern halten sich im Jahr 2020 die relativen Anteile der potentiell sehr gering, gering, moderate, hoch und sehr hochzersiedelter Flächen die Waage. Im Durchschnitt ist der Anteil geringer und sehr geringer Zersiedelung um etwa 7% Prozentpunkten größer als der Anteil der Flächen, die als hoch und sehr hoch zersiedelt sind. Im Verhältnis zum Dauersiedlungsraum ist die Fläche der Rasterzellen mit Bebauung, die potentiell als hoch und sehr hoch zersiedelt angesehen werden können, in Tirol und in Vorarlberg im Bundeslandvergleich am stärksten ausgeprägt.

4. Schlussfolgerungen, Handlungsempfehlungen und nächste Schritte

4.1 Schlussfolgerungen

Wir analysieren hier Ergebnisse zur Zersiedelung unter besonderer Berücksichtigung der Wohnbevölkerung in Österreich zwischen 1975 und 2020 basierend auf den Fernerkundungsdaten des Global Human Settlement Layers. In diesem Zeitraum wächst die absolute Fläche der Rasterzellen mit Bebauung fast um die Fläche Burgenlands, von rund 9.000 km² auf rund 12.700 km². Im Jahr 2020 beträgt der Flächenanteil der Rasterzellen mit einer Bebauung 39% der Fläche des Dauersiedlungsraums. Im Vergleich zu 1975 bedeutet das einen Zuwachs um fast 10 Prozentpunkte. Das lässt Rückschlüsse auf einen massiven Zuwachs an Gebäuden insbesondere in Bereichen, die vormals unverbaut waren, zu. Die Rasterzellen mit Bebauung waren im Jahr 1975 in ganz Österreich überwiegend gering und sehr gering zersiedelt (73% der absoluten Fläche) und nur ein kleiner Teil der Fläche weist eine hohe oder sehr hohe Zersiedelung auf (12% der absoluten Fläche). Das verändert sich drastisch im Laufe der nächsten 45 Jahre. So ist im Jahr 2020 fast die Hälfte der Gesamtfläche aller Rasterzellen mit Bebauung durch eine hohe oder sehr hohe Zersiedelung geprägt. Der Flächenanteil mit einer hohen und sehr hohen Zersiedelung hat sich in Österreich verfünffacht.

Österreichs Bundesländer zeigen unterschiedliche Entwicklungsdynamiken. Die stärksten Veränderungen über die Zeit sind in Oberösterreich, Kärnten und in der Steiermark zu beobachten, hier verachtfacht, verelffacht beziehungsweise verdreizehnfacht sich der absolute Flächenanteil der Rasterzellen mit Bebauung, der als hoch und sehr hoch zersiedelt angesehen werden kann. Burgenland, Niederösterreich und Oberösterreich sind im Jahr 2020 die Bundesländer, die unter Berücksichtigung des relativen Flächenanteils an der Gesamtfläche der Rasterzellen mit Bebauung, am stärksten zersiedelt sind. Mehr als 50% der Fläche aller Rasterzellen mit Bebauung können in den jeweiligen Bundesländern als hoch und sehr hoch zersiedelt angesehen werden.

Unter Berücksichtigung der absoluten Fläche der Rasterzellen mit Bebauung sind Niederösterreich und Oberösterreich die Spitzenreiter in Sachen hoher und sehr hoher Zersiedelung. Wird die Fläche des Dauersiedlungsraum zusätzlich berücksichtigt, zeigt sich,

dass ein potenziell hoher und sehr hoher Grad an Zersiedlung stärker in Oberösterreich als in Niederösterreich ausgeprägt ist. Relativ betrachtet halten sich in Salzburg, Tirol und Vorarlberg die Flächenanteile mit einer geringen und einer hohen Zersiedelung die Waage. Unter Berücksichtigung des Dauersiedelungsraum zeigt sich jedoch, dass relativ gesehen, der Anteil der Fläche der Rasterzellen mit potentiell hoher und sehr hoher Zersiedelung in Tirol und Vorarlberg aufgrund des flächenmäßig kleinen Anteils an Dauersiedlungsraum besonders ausgeprägt ist. Wien, das durch seinen urbanen Charakter ein Sonderfall im Bundeslandvergleich ist, ist das einzige Bundesland, das über den Zeitverlauf einen fast konstant hohen Anteil an sehr gering zersiedelten Flächen aufweist.

Unsere Ergebnisse deuten auf einen rapiden Anstieg der Zersiedlung in Österreich hin, obwohl in der raumplanerischen Fachwelt seit Jahrzehnten Maßnahmen gegen die Zersiedlung und der damit einhergehenden Flächeninanspruchnahme für Bauland und Infrastruktur aufgezeigt und eingefordert werden. Seit Ende der 1980, Anfang der 1990er Jahren kommt es regelmäßig zu Anpassungen des Raumordnungsgesetzes, um Instrumente für die Reduktion der Flächeninanspruchnahme, Versiegelung und der Zersiedelung zu schaffen. Allerdings zeigt unsere Studie, dass sich seit Bestehen der österreichischen Raumplanung, die in ihrer heutigen Form seit Ende der 1960er Jahre eingeführt wurde, die bestehenden Instrumente offenbar nicht ausreichend waren, um die Zersiedelung in Österreich wirksam einzugrenzen. Im Gegenteil, unsere Studie zeigt vielmehr, dass sich die Situation seit 1975 drastisch verschlechtert hat.

Nicht nur im System Raumplanung, sondern auch in der Abstimmung der verschiedenen räumlichen Fachplanungen (z.B. Straßenwesen, Eisenbahnwesen, Forstrecht, Wasserrecht etc.) sowie in der Abstimmung von räumlichen Entwicklungszielen mit weiterem staatlichem Handeln wie im Förderwesen oder im Steuerrecht sind eine Vielzahl von Fehlsteuerungen zu identifizieren. So werden z.B. räumliche Entwicklungsziele nur untergeordnet bei Wirtschaftsförderungen oder der Wohnbauförderung berücksichtigt. Instrumente wie die Vertragsraumordnung, durch die Baulandverfügbarkeit hergestellt werden, greifen derzeit nur, wenn neues Bauland gewidmet wird. Dazu ist anzumerken, dass im Jahr 2022 17% der Versiegelung durch Gebäude unter Berücksichtigung von Freizeit- und Erholungsflächen und Ver- und Entsorgungsflächen, und unter Ausschluss der Verkehrsflächen, außerhalb der Baulandwidmung stattfand (siehe auch Tabelle 5 Appendix Quelle: ÖROK 2023). Das deutet

darauf hin, dass sich ein nicht unerheblicher Anteil der Bautätigkeit von Gebäuden außerhalb des staatlichen Handlungsspielraums stattfindet.

In Folge des rapiden Anstiegs der Zersiedelung werden in Österreich wertvolle Ackerböden und Ökosysteme langfristig durch Gebäude und Verkehrsinfrastrukturen ersetzt. Zersiedelung schafft Strukturen, die Naturschutz- und Klimazielen gleichermaßen im Wege stehen und stabilisiert für die kommenden Jahrzehnte, wenn nicht länger, eine extrem ressourcenintensive Lebensweise. Damit wird die Erreichung der ambitionierten Klimaziele, denen Österreich verpflichtet ist, essentiell erschwert. Um die zu erwartende Weiterführung des negativen Trends abzuwenden, braucht es Maßnahmen auf verschiedenen Ebenen, um die Prinzipien einer nachhaltigen, energie- und ressourceneffizienten Raumentwicklung umzusetzen.

4.2 Handlungsempfehlungen

Eine österreichische Bodenstrategie², die im Entwurf vorliegt, ist an der Festlegung eines quantitativen 2,5 ha-Bodenschutzziels gescheitert. Gemäß diesem Ziel sollte die Flächeninanspruchnahme von derzeit ca. 11-12 ha pro Tag auf 2,5 ha pro Tag gesenkt werden, also um knapp 80%, was sich jedoch nicht als konsensfähig erwies. Bislang ist der rechtliche Rahmen der Raumordnung so gestaltet, dass nachhaltige Entwicklungen nicht behindert, aber auch nicht nachdrücklich und rechtlich bindend eingefordert werden. Ein rechtlich bindendes, quantitativ nachvollziehbares und somit in seiner Entwicklung überprüfbares Bodenschutzziel (wie etwa das 2,5-ha-Ziel) erscheint aus wissenschaftlicher Sicht als eine unabdingbare Voraussetzung für die wirksame Eindämmung der Zersiedelung in Österreich. Dieses Bodenschutzziel muss sowohl auf gesamtstaatlicher Ebene als auch in regionalisierter Form vorliegen, d.h. auf die Bundesländer und deren Regionen aufgeteilt werden. Dabei gilt es die unterschiedlichen Herausforderungen denen Wachstums-, Stagnations- und Schrumpfsregionen ausgesetzt sind zu berücksichtigen.

In dem Ziel- und Maßnahmenpakete des Entwurfs zur österreichischen Bodenstrategie, die in die Bereiche „Schutz von Frei- und Grünland“, „Unterbindung der Zersiedelung“ und „Effiziente Innenentwicklung“ sowie „Intensivierung der Bewusstseinsbildung und Öffentlichkeitsarbeit“

² https://www.oerok.gv.at/fileadmin/user_upload/Bilder/2.Reiter-Raum_u_Region/6_OEREK_Umsetzungspakte/Bodenstrategie/OEROK_Bodenstrategie_fuer_Oesterreich_ENTWURE.pdf (letzte Abfrage: 27. Mai 2024).

gegliedert ist, sind verschiedene, sinnvolle und seit langem diskutierte Maßnahmen gelistet. Diese Ziele und Maßnahmen sind jedoch ohne jegliche Verbindlichkeit und der Konjunktiv die überwiegende Satzkonstruktion, „soll/sollte...werden“ die meistverwendete Verbform. Um wirksam zu werden, braucht es die Umsetzung einer nachhaltigeren, energie-, ressourcen- und flächeneffiziente Raumentwicklung und Raumplanung die über das *good practice* im Einzelfall hinausreicht. Im Folgenden werden einige Kernstrategien vorgestellt, die im Sinne eines energie- und ressourceneffizienten Umgangs mit Boden und somit der Eindämmung der Zersiedelung in Österreichs eine besonders zentrale Rolle zukommen.

Zuallererst soll die Abstimmung von Zielen der räumlichen Entwicklung und der finanziellen Anreizsystemen auf gesamtstaatlicher Ebene genannt werden. Das Ziel sollte sein, dass Förderungen, Steuern und Abgaben in Abhängigkeit räumlicher Kriterien bemessen und eingehoben werden. In diesem Zusammenhang können z.B. die Wohnbauförderung, aber auch diverse Wirtschaftsförderungen, Strukturfonds sowie Steuererleichterungen genannt werden, die eine zentrale Rolle in der Unterstützung von Funktionsmischung, Dichte und Innenentwicklung, und der Bereitstellung von leistbarem Wohnraum spielen können. Dafür sollten Förderzielgebiete abgegrenzt werden (Stöglehner, Erker, und Neugebauer 2014). Zum anderen betrifft dies den Finanzausgleich, d.h. die Aufteilung der öffentlichen Einnahmen zwischen Bund, Ländern und Gemeinden, um vermehrt Ansätze zu implementieren, flächensparende, energie- und ressourcenschonende und klimaschützende Entscheidungen auf kommunaler Ebene herbeizuführen (Bröthaler u. a. 2024). Hier wären Flächeneffizienz und eine Ausrichtung der Raum- und Siedlungsentwicklung an Nachhaltigkeitsprinzipien (insb. Funktionsmischung, maßvolle Dichte, kurze Wege, Innenentwicklung) mit Zuschlägen und Zersiedelung mit Abschlägen zu versehen.

Eine weitere Kernstrategie ist die Eindämmung von Außenentwicklung, also das Widmen von Bauland über bestehende Siedlungsgrenzen hinweg und damit die Begrenzung des Bauens auf der „grünen Wiese“. Die überörtliche Raumplanung ermöglicht es bereits jetzt, regional differenzierte Flächeninanspruchnahme-Ziele festzulegen. Zur Eindämmung der Zersiedelung bietet sich die regionale Festlegung von Siedlungsgrenzen, und zwar 360 Grad um jede Ortschaft mit Baulandwidmung, an, die bereits in einzelnen Regionen vorhanden ist. In der örtlichen Raumplanung können diese Maßnahmen ebenfalls umgesetzt werden, indem örtliche Vorrangzonen des Grünlandes und lokalen Siedlungsgrenzen im örtlichen

Entwicklungskonzept ausgewiesen werden, wohingegen vermieden wird, Flächenwidmungen für Bauland im Außenbereich festzulegen. Dies wäre im Rahmen der rechtlichen Kompetenzverteilung zwischen Ländern und Gemeinden umsetzbar, weil ein klares überörtliches und starkes öffentliches Interesse an der Reduktion der Flächeninanspruchnahme für Bauland und Infrastruktur sowie der Zersiedelungsabwehr besteht. Wie diese regionalen und kommunalen Siedlungsgrenzen ausgestaltet sind, etwa als linienhafte Festlegungen oder durch die Heranführung von Vorrangzonen des Grünlandes (z.B. für Landwirtschaft, Kulturlandschaftserhaltung, Erholung etc.), sollte den örtlichen Gegebenheiten entsprechend festgelegt werden (Stöglehner, und Manhart 2020)

In der örtlichen Raumplanung bestehen für die Eindämmung der Zersiedelung weitere Ansatzpunkte, insbesondere durch die Forcierung von Innenentwicklungsgebieten. Das Verfügbarmachen von Bauland in Innerortslagen leistet dabei einen zentralen Beitrag. Dabei wird sichergestellt, dass gewidmetes Bauland an Bauwillige weitergegeben wird, und Baulandhortung in Innenortsbereichen verhindert wird. Zu den Instrumenten zählen die mittlerweile zum Stand der Technik gehörende Vertragsraumordnung, in deren Rahmen Vereinbarungen zwischen Gemeinden und Grundeigentümer:innen getroffen werden, um Bauland innerhalb einer bestimmten Frist einer Bebauung zuzuführen, wobei auch Sanktionen vorab vereinbart werden, sowie die Befristung von Baulandwidmungen oder die Einhebung von Infrastrukturabgaben und in einigen Bundesländern in jüngster Zeit auch Leerstandsabgaben. Auch der strategische Landerwerb durch die öffentliche Hand wird eingesetzt, indem Gemeinden Grundstücke erwerben und an Bauwillige weiterverkaufen (Seher 2020). Internationalen Diskursen folgend, z.B. in Deutschland wird Gemeinden die Möglichkeit gegeben, für baureife, unbebaute Grundstücke eine höhere Grundsteuer vorzuschreiben, fordert der österreichische Gemeindebund eine höhere Grundsteuer C für gewidmete, nicht widmungsgemäß genutzte Flächen.³ In der Schweiz wird eine Mehrwertabgabe eingehoben, d.h. ein Teil des Wertgewinns aus Baulandwidmungen (mindestens 20% bis zu 40%) fließt der öffentlichen Hand zu. Da die Steuer bei der Widmung und nicht erst im Verkaufsfalle fällig wird, kann diese Mehrwertabgabe auch baulandmobilisierend wirken.

³ <https://gemeindebund.at/website2020/wp-content/uploads/2024/03/entwurf-kommunaler-bodenschutzplan-19032024-neu.pdf> (letzte Abfrage: 27. Mai 2024)

Dabei gilt es, dass Bauaktivitäten den Prinzipien einer maßvollen und qualitätsvollen Nachverdichtung bei einer Sicherstellung von leistbarem Wohnraum folgen sollten, um einer weiteren Zersiedlung effektiv entgegen zu wirken. Dabei gilt es bestehendes Bauland zu nutzen, auf Funktionsmischung zu setzen, und die Raumstruktur kompakt, bei maßvoller Dichte, auf dem Prinzip der kurzen Wege zu organisieren (Stöglehner, und Manhart 2020). Dem Leerstandsmanagement kommt hier eine besondere Bedeutung zu. Im Sinne einer flächeneffizienten, energie- und ressourcensparenden Raumplanung wäre eine integrierte Flächenwidmungs- und Bebauungsplanung sinnvoll, da parallel zur Flächenwidmung auch eine Ortsidee in 3D entwickelt und in den Grundzügen festgeschrieben werden kann, wie dies z.B. im Kärntner Raumordnungsgesetz vorgesehen ist. Damit können bestimmte Aspekte von Multifunktionalität, eine maßvolle Dichte und räumliche Voraussetzungen für Mobilität im Umweltverbund, d.h. für Zu-Fuß-Gehen, Radfahren und öffentlichen Verkehr nutzen, vertiefend festgelegt werden. Eine Abstimmung von räumlicher Entwicklung und Mobilität in integrierten räumlichen Energie- und Mobilitätskonzepten stellt eine wesentliche Maßnahme für flächeneffiziente, energie- und ressourcenschonende Raum- und Siedlungsentwicklung dar (Stöglehner et al. 2014). Denn Autofahren benötigt nicht nur maßgeblich Energie und Ressourcen und ist für knapp 30% der Treibhausgasemissionen⁴ verantwortlich, es werden insbesondere dem Autoverkehr erhebliche Flächen zur Verfügung gestellt: 30% der Flächeninanspruchnahme entfallen auf Verkehrsflächen (zu 92,3% auf Straßen und 7,7% auf Schieneninfrastruktur), während 60% dem Bauland zufallen – d.h. auf 2 Quadratmeter Bauland kommt ein Quadratmeter Verkehrsfläche.⁵

Auf kommunaler Ebene ist darüber hinaus die Verbindung von formellen Planungsinstrumenten wie Flächenwidmungsplanung und Bebauungsplanung sowie informellen Instrumenten wie Flächen- bzw. Leerstandsmanagement notwendig, um die Baulandverfügbarkeit zu stärken. Die als Kernmaßnahme der Innenentwicklung geltende „Eigentümer:innenansprache“ ist ein wesentliches Mittel der Bewusstseinsbildung, um auf individueller Ebene für die Anliegen einer nachhaltigen Raumentwicklung zu sensibilisieren (Stöglehner & Manhart 2020). Dafür sind die Gemeinden als Handlungsebene der Raumplanung unverzichtbar

⁴ <https://www.umweltbundesamt.at/klima/dashboard> (letzte Abfrage: 27. Mai 2024)

⁵ <https://www.oerok.gv.at/raum/daten-und-grundlagen/ergebnisse-oesterreich-2022> (letzte Abfrage: 27. Mai 2024)

Alleine aus diesen kurzen Einblicken in steuerungswirksame Mechanismen zur Reduktion der Flächeninanspruchnahme und Eindämmung der Zersiedelung wird deutlich, dass nicht nur die Ursachen und systemischen Wirkungszusammenhänge zwischen Lebensstilen, Wirtschaftsweisen und raumplanerischen Entscheidungen enorm komplex sind, sondern dass die Handlungsmöglichkeiten verschiedenste staatliche Handlungsebenen umfassen. Es steht außer Frage, die wirksamste Maßnahme um die Zersiedelung in Österreich zu stoppen, ist nicht weiter zu bauen und die bestehenden Strukturen zu nutzen die wir haben. Sollte doch gebaut werden sollten flächeneffiziente und ressourcensparende Siedlungsstrukturen gefördert werden. Jede der genannten Strategien und Maßnahmen wird dabei unterstützen, eine nachhaltigere räumliche Entwicklung umzusetzen. Wichtig ist, im bestehenden System sofort zu beginnen und die notwendigen legislativen Mittel so rasch wie möglich zu ergreifen (weiterführend siehe Stöglehner, in press).

4.3 Methodische Limitationen und nächste Schritte

Die ursprüngliche Definition des Zersiedelungsgrad Z basiert auf der Verfügbarkeit von Informationen über die Fläche des Siedlungsraums abgeleitet aus digitalisierten historischen Karten (Jaeger und Schwick 2014). Erst in jüngerer Zeit werden verstärkt Geodaten aus der Fernerkundung verwendet um den Grad der Zersiedelung über den Zeitverlauf zu erfassen (Behnisch, Krüger, und Jaeger 2022b; Brenner u. a. 2024). Eine dritte Möglichkeit ist die Ableitung des Zersiedelungsgrads aus den Daten der Regionalstatistik. Die Verwendung von Fernerkundungsdaten hat gegenüber Daten aus amtlichen Statistiken eine Reihe an Vorteilen, aber auch Nachteile. Erstens erlaubt die Nutzung von Fernerkundungsdaten eine räumlich explizite Erfassung des Grads der Zersiedelung. In der Regel ist die Datenverfügbarkeit von amtlichen Statistiken, insbesondere im Zeitverlauf, auf Gemeinde oder Katastralgemeindegröße limitiert (Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen 2023). Dadurch gehen wichtige Informationen über die Art der Ausbreitung von Zersiedelung verloren, zum Beispiel kann sich die Überbauung mit Gebäuden in einer Richtung stärker ausbreiten als in eine andere. In der Zukunft ermöglicht diese räumlich explizite Erfassung des Grads der Zersiedelung mehr über potentielle Treiber und Auswirkungen einer steigenden Zersiedelung, wie zum Beispiel die Auswirkungen eines Autobahnanschlusses, die Überbauung von fruchtbaren Böden, zu lernen.

Die aktuelle Version des Global Human Settlement Layers weist, insbesondere im Hinblick auf die Präzision der Erfassung von der Überbauung durch Gebäude, eine hohe Datenqualität auf (Pesaresi und Politis 2023). Im Vergleich der Überbauung mit Gebäuden aus der Fernerkundung mit der amtlichen Statistik der Gebäude und Gebäudenebenenflächen über den Zeitverlauf konnten wir Abweichungen feststellen, die sich aus Unterschieden der Definitionen, aber auch der verfügbaren Daten ergeben. Diese überschreiten jedoch nie den Faktor 2 (Gebäudeflächenabweichung nach Bundesländern für die Jahre 1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015, 2020: $\Delta \varnothing = 31\%$, siehe Tabelle 3 Appendix). Die Bevölkerungsdaten des Global Human Settlement Layers weisen gegenüber der amtlichen Statistik ebenfalls leichte Abweichungen auf (Bevölkerungsabweichung nach Bundesländern für die Jahre 1980, 1990, 2000, 2010, 2020: $\Delta \varnothing = 0,1\%$, siehe Tabelle 4 Appendix). Das weist auf eine geringfügige Ungenauigkeit des Global Human Settlement Layers hin. Der Vergleich der Flächen, die durch Gebäude überbaut sind, wird zusätzlich dadurch erschwert, dass sich die Ergebnismethode der amtlichen Statistik mehrmals geändert hat (Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen 2023).

Bislang gibt es noch kein Fernerkundungsdatenpaket, das den Siedlungsraum über einen längeren Zeitverlauf hinweg in seiner Gesamtheit und mit einer präzisen Unterscheidung der verschiedenen Mobilitätsinfrastrukturen abbilden kann, welches auch die Wohnbevölkerung und die Arbeitsplätze berücksichtigt. Das Einfließen der Information des Überbauungsgrads, der ausschließlich auf der Gebäudefläche basiert, könnte in der Berechnung des Zersiedlungsgrads Z zu einer Unterschätzung führen. Generell korrelieren die räumlichen Muster von Gebäuden und Mobilitätsinfrastrukturen, wie hoch auflösende Karten zeigen (Haberl u. a. 2021). Die Auswirkung der In – oder Exklusion von Mobilitätsinfrastrukturen in der Berechnung der Zersiedelung, durch die Nutzung von Fernerkundungsdaten, sollte daher Gegenstand weiterer Untersuchungen sein. Gleichzeitig, sehen wir in dieser Studie den Vorteil sich in der Berechnung des Zersiedlungsgrad Z ausschließlich auf die Gebäude zu fokussieren, da dadurch die Systemgrenzen klar definiert sind.

In seiner ursprünglichen Definition berücksichtigt der Zersiedlungsgrad Z neben den räumlich expliziten Einwohner:innenzahlen auch Arbeitsplatzzahlen in der Berechnung der Nutzungsdichte. Bislang konnte dieser Ansatz aufgrund einer mangelnde Datenlage nur mithilfe von Ausnahmen umgesetzt werden (siehe z.B. Brenner u. a., 2024). Das Fehlen der

Arbeitsplatzdaten bei gleichzeitiger Inklusion von ausschließlich wirtschaftlich genutzten Gebäuden in der Berechnung des Grads der Zersiedelung kann dazu führen, dass einzelne Gebäude in unserer Studie überdurchschnittlich stark zu Zersiedelung beitragen, obwohl das aufgrund ihrer hohen Nutzungsintensität als Arbeitsstätten relativiert werden müsste. Ob dieser Beitrag gerechtfertigt ist erfordert einer räumlich-expliziten Einordnung und sollte Gegenstand weiterer Untersuchungen sein.

Die aktuelle ÖROK Studie aus dem Jahr 2023 zeigt, dass bei Betrachtung der Versiegelung unter Ausschluss der Verkehrsflächen in Österreich, 30% auf gemischte bauliche Nutzung entfällt, 26% der Wohnnutzung zukommt und rund 18% der Gebäude betrieblich genutzt werden (siehe Appendix Tabelle 5 Quelle: ÖROK 2023b). Eine Nutzungsdichte, die sich ausschließlich über die Wohnbevölkerung berechnet, könnte insbesondere in urbanen Zentren, wie z.B. der Stadt St. Pölten, in der die Arbeitsplatzzahl größer als die Einwohner:innenzahl ist, dazu führen, dass in unserer Studie wichtige Nachverdichtungsentwicklungen nicht erfasst werden. Auch andere urbane Zentren mit großen Industrieflächen, wie zum Beispiel die Stadt Linz, könnten von dieser Tendenz besonders betroffen sein. Daher sollte auch die Rolle der Arbeitsplätze und ihren Einfluss auf den Grad der Zersiedlung in Österreich Gegenstand zukünftiger Untersuchungen sein.

Insgesamt, trotz der genannten Einschränkungen, kommen wir zu dem Schluss, dass GHSL Data Package P2023 in Anbetracht der aktuellen Datenverfügbarkeit eine valide Datengrundlage bildet, um den Grad der Zersiedelung in Österreich, unter besonderer Berücksichtigung der Wohnbevölkerung über den Zeitverlauf zu erfassen. Zukünftige Forschung wird vor allem darauf abzielen müssen, die unterschiedlichen Datenquellen (Statistik, Fernerkundung) und die dabei verwendeten Definitionen besser zu harmonisieren, und Datenlücken zu schließen. Dies wird voraussichtlich einige der Limitationen der hier vorliegenden Ergebnisse verringern können. Dennoch stellen bereits die hier gezeigten Ergebnisse einen wichtigen Fortschritt gegenüber bisher vorhandenen Datenquellen dar. Wir gehen davon aus, dass das generelle Bild auch bei weiteren methodischen Verfeinerungen bestehen bleiben wird, sich aber in Bezug auf spezifische Räume noch weitere Verbesserungen erzielen lassen werden.

Referenzen

- ARE. 2023. „Leistungsvereinbarung 2024 Bundesamt für Raumentwicklung ARE“. Ittigen (Schweiz): Bundesamt für Raumentwicklung.
- BAFU. 2023. „Indikator-Landschaftszersiedelung“.
<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-landschaft/landschaft--daten--indikatoren-und-karten/landschaft--indikatoren/indikator-landschaft.pt.html/aHR0cHM6Ly93d3cuaW5kaWthdG9yZW4uYWRtaW4uY2gvUHVibG/ljL0FlbURldGFpbD9pbmQ9TEEwMTImbG5nPWRIJIN1Ymo9Tg%3d%3d.html>. 2023.
- Behnisch, M., T. Krüger, und J.A.G. Jaeger. 2021. „Trends der Zersiedelung in den deutschen Planungsregionen seit 1990“. Rhombos-Verlag, Berlin. <https://doi.org/10.26084/13DFNS-P011>.
- . 2022a. „Wie hoch zersiedelt sind die deutschen Planungsregionen? Räumliche Analyse und Trends 1990 – 2014“. *Natur und Landschaft* 97 (12): 551–60.
<https://doi.org/10.19217/NuL2022-12-02>.
- Behnisch, M., T. Krüger, und J.A.G. Jaeger. 2022b. „Rapid Rise in Urban Sprawl: Global Hotspots and Trends since 1990“. Herausgegeben von Alka Bharat. *PLOS Sustainability and Transformation* 1 (11): e0000034. <https://doi.org/10.1371/journal.pstr.0000034>.
- Berrill, P., F. Nachtigall, A. Javaid, N. Milojevic-Dupont, F. Wagner, und F. Creutzig. 2024. „Comparing Urban Form Influences on Travel Distance, Car Ownership, and Mode Choice“. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 128 (März):104087.
<https://doi.org/10.1016/j.trd.2024.104087>.
- BMK. 2023. „Integrierter nationaler Energie- und Klimaplan für Österreich Periode 2021-2030. Aktualisierung gemäß Artikel 14 der Verordnung (EU) 2018/1999 des Europäischen Parlaments und des Rates über das Governance-System für die Energieunion und für den Klimaschutz“. Wien: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie.
- BMLRT. 2021. „Zahlen und Fakten 2021“. Wien: Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (BMLRT).
- Brenner, A.-K., W. Haas, T. Krüger, S. Matej, H. Haberl, F. Schug, D. Wiedenhofer, M. Behnisch, J.A.G. Jaeger, und M. Pichler. 2024. „What Drives Densification and Sprawl in Cities? A Spatially Explicit Assessment for Vienna, between 1984 and 2018“. *Land Use Policy* 138 (März):107037. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.107037>.
- Bröthaler, J., T. Dillinger, M. Getzner, A. Kanonier, E. Grinzinger, und M. Chamraci. 2024. „Klimaorientierte und ressourcenschonende Raumentwicklung und Finanzausgleich Zur Raumwirksamkeit des Finanzausgleichs unter besonderer Berücksichtigung des ÖREK 2030, des Klimaschutzes und des sparsamen Bodenverbrauchs“. TU Wien, Institut für Raumplanun.

- Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen. 2023. „Regionalinformation“.
<https://www.bev.gv.at/Services/Downloads/Produktbezogene-Downloads/Unentgeltliche-Produkte/Kataster-Verzeichnisse/Regionalinformation.html>. 1. Januar 2023.
- Creutzig, F., P. Agoston, J.C. Minx, J.G. Canadell, R.M. Andrew, C. Le Quéré, G.P. Peters, A. Sharifi, Y. Yamagata, und S. Dhakal. 2016. „Urban infrastructure choices structure climate solutions“. *Nature Climate Change* 6 (12): 1054–56. <https://doi.org/10.1038/nclimate3169>.
- Creutzig, F., G. Baiocchi, R. Bierkandt, P.-P. Pichler, und K. C. Seto. 2015. „Global Typology of Urban Energy Use and Potentials for an Urbanization Mitigation Wedge“. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112 (20): 6283–88. <https://doi.org/10.1073/pnas.1315545112>.
- EEA & BAFU. 2016. „Urban sprawl in Europe Joint EEA-FOEN report“. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- European Commission. Joint Research Centre. 2023. *GHSL Data Package 2023*. LU: Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/098587>.
- Haberl, H.. 2023. „Built Structures as Determinants of National-Level Energy Demand and CO2 Emissions“. *Springer Nature Sustainability Community, Behind the Paper*.
<https://communities.springernature.com/posts/built-structures-as-determinants-of-national-level-energy-demand-and-co2-emissions>.
- Haberl, H., Dominik W., F. Schug, D. Frantz, D. Virág, C. Plutzer, K. Gruhler, u. a. 2021. „High-Resolution Maps of Material Stocks in Buildings and Infrastructures in Austria and Germany“. *Environmental Science & Technology* 55 (5): 3368–79.
<https://doi.org/10.1021/acs.est.0c05642>.
- Intergovernmental Panel On Climate Change (Ippc), Hrsg. 2023. „Demand, Services and Social Aspects of Mitigation“. In *Climate Change 2022 - Mitigation of Climate Change*, 1. Aufl., 503–612. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157926.007>.
- Jaeger, J.A.G., R. Bertiller, C. Schwick, und F. Kienast. 2010. „Suitability Criteria for Measures of Urban Sprawl“. *Ecological Indicators* 10 (2): 397–406.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2009.07.007>.
- Jaeger, J.A.G., und C. Schwick. 2014. „Improving the Measurement of Urban Sprawl: Weighted Urban Proliferation (WUP) and Its Application to Switzerland“. *Ecological Indicators* 38 (März):294–308. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.11.022>.
- Littlefield, C. E, M. Krosby, J.L. Michalak, und J.J. Lawler. 2019. „Connectivity for Species on the Move: Supporting Climate-driven Range Shifts“. *Frontiers in Ecology and the Environment* 17 (5): 270–78. <https://doi.org/10.1002/fee.2043>.

- Mayer, K., K. Ritter, Angelika Fitz, und Architekturzentrum Wien, Hrsg. 2020. *Boden für Alle*. Zürich: Park Books.
- OECD. 2018. *Rethinking Urban Sprawl: Moving Towards Sustainable Cities*. OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264189881-en>.
- ÖROK. 2023a. „Bodenstrategie für Österreich Strategie zur Reduktion der weiteren Flächeninanspruchnahme und Bodenversiegelung bis 2030 - Entwurf“. Wien: Österreichischen Raumordnungskonferenz (ÖROK).
- . 2023b. „Flächeninanspruchnahme und Versiegelung in Österreich - Kontextinformationen und Beschreibung der Daten für das Referenzjahr 2023“. https://www.oerok.gv.at/fileadmin/user_upload/Bilder/2.Reiter-Raum_u._Region/6._OEREK_Umsetzungspakte/Bodenstrategie/Baseline_2022/1_FI_Vers_Baseline_2022_v4_3_2023_12_01_Veroeffentlichung.xlsx. 12. Januar 2023.
- Pesaresi, M., und P. Politis. 2023. „GHS-BUILT-S R2023A - GHS Built-up Surface Grid, Derived from Sentinel2 Composite and Landsat, Multitemporal (1975-2030)“. [object Object]. <https://doi.org/10.2905/9F06F36F-4B11-47EC-ABB0-4F8B7B1D72EA>.
- Seto, K. C., S.J. Davis, R.B. Mitchell, E.C. Stokes, G.Unruh, und D.Ürge-Vorsatz. 2016. „Carbon Lock-In: Types, Causes, and Policy Implications“. *Annual Review of Environment and Resources* 41 (1): 425–52. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-110615-085934>.
- Simkin, R.D., K.C. Seto, R. I. McDonald, und W. Jetz. 2022. „Biodiversity Impacts and Conservation Implications of Urban Land Expansion Projected to 2050“. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 119 (12): e2117297119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2117297119>.
- Stöglehner, G., S. Erker, und G.C. Neugebauer. 2014. „Energieraumplanung: Materialienband. In Zusammenarbeit mit der ÖREK-Partnerschaft ‚Energieraumplanung‘.“ *Schriftenreihe/Österreichische Raumordnungskonferenz (ÖROK) Nr.192:142*.
- Stöglehner, G. und V. Manhart. 2020. „Innenentwicklung“. In *Grundlagen Der Raumplanung 2 – Strategien, Themen, Konzepte*, 71–101. Wien: Facultas Universitätsverlag.
- Stöglehner, G.. In press. Rettet die Böden! Ein Plädoyer für eine nachhaltige Raumentwicklung.
- Virág, D., D. Wiedenhofer, W. Haas, H. Haberl, G. Kalt, und F. Krausmann. 2022. „The Stock-Flow-Service Nexus of Personal Mobility in an Urban Context: Vienna, Austria“. *Environmental Development* 41 (März):100628. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2021.100628>.
- Wei, Y.D., und R. Ewing. 2018. „Urban Expansion, Sprawl and Inequality“. *Landscape and Urban Planning* 177 (September):259–65. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.05.021>.

With, K. A. 2002. „Using Percolation Theory to Assess Landscape Connectivity and Effects of Habitat Fragmentation“. In *Applying Landscape Ecology in Biological Conservation*, herausgegeben von Kevin J. Gutzwiller, 105–30. New York, NY: Springer New York.
https://doi.org/10.1007/978-1-4613-0059-5_7.

Appendix:

Abbildung 1 Appendix: Räumlich explizite Darstellung der Entwicklung der Rasterzellen mit Bebauung durch Gebäude im Hinblick auf den Grad der Zersiedelung zwischen 1975 und 2020 unter besonderer Berücksichtigung der Wohnbevölkerung. Zu Illustrationszwecken ist die Rasterzellengröße auf 500m x 500m vergrößert worden. Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf GHSL Data Package P2023 (European Commission. Joint Research Centre. 2023)

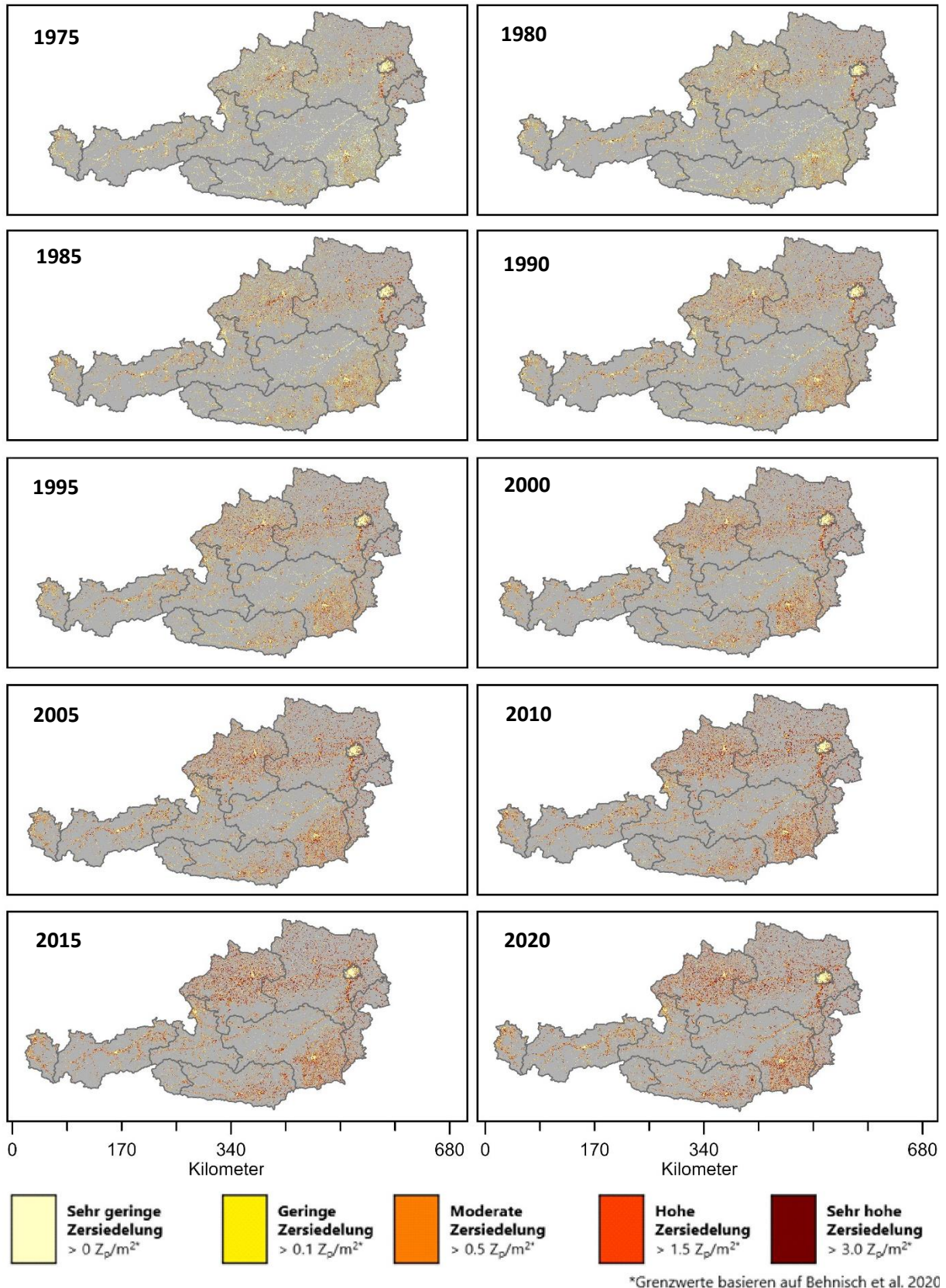


Tabelle 1 Appendix: Vergleich Siedlungsraum nach Statistik Austria und Fläche der Rasterzellen mit Bebauung basierend auf dem räumlich explizite Geodatenatz des Global Human Settlement Layer (GHSL Data Package P2023) in km² für das Jahr 2020 für die österreichischen Bundesländer, sowie deren jeweilige Anteile an der Gesamtfläche und am Dauersiedlungsraum. Quelle: Fläche, Dauersiedlungsraum, Siedlungsraum: (BMLRT 2021), Fläche der Rasterzellen mit Bebauung (European Commission. Joint Research Centre. 2023).

2020	Gesamtfläche in km ²	Dauersiedlungsraum in km ²	Anteil Dauersiedlungsraum an der Gesamtfläche	Siedlungsraum in km ²	Fläche der Rasterzellen mit Bebauung in km ²	Anteil Siedlungsraum an der Gesamtfläche	Anteil Fläche der Rasterzellen mit Bebauung ¹ an der Gesamtfläche ²	Anteil Siedlungsraum am Dauersiedlungsraum	Anteil Fläche der Rasterzellen mit Bebauung ¹ am Dauersiedlungsraum ²
Quelle	Statistik Austria	Statistik Austria	Statistik Austria	Statistik Austria	GHSL Data Package P2023	Statistik Austria	¹ GHSL Data Package P2023 ² Statistik Austria	Statistik Austria	¹ GHSL Data Package P2023 ² Statistik Austria
Bgld	3.965	2.485	63%	483	559	12%	14%	19%	23%
Ktn	9.537	2.455	26%	1079	1.205	11%	13%	44%	49%
NÖ	19.180	11.616	61%	2618	2.954	14%	15%	23%	25%
OÖ	11.983	6.842	57%	2678	2.639	22%	22%	39%	39%
Sbg	7.155	1.496	21%	731	835	10%	12%	49%	56%
Stmk	16.399	5.230	32%	2452	2.613	15%	16%	47%	50%
T	12.648	1.573	12%	868	1.156	7%	9%	55%	74%
Vbg	2.602	567	22%	344	438	13%	17%	61%	77%
W	415	321	77%	248	280	60%	68%	77%	87%
AT	83.883	32.584	39%	11502	12.681	14%	15%	35%	39%

Tabelle 2 Appendix: Vergleich Gebäude und Gebäudenebenenflächen nach Regionalinformation des Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen Österreich und der Überbauung mit Gebäuden basierend auf dem räumlich expliziten Geodatensatz des Global Human Settlement Layer (GHSL Data Package P2023) in km² für die Jahre 1975 bis 2020 in Fünfjahresschritten für die österreichischen Bundesländer. Quelle: Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV) (2023) und European Commission. Joint Research Centre (2023). Mit 1995 bis 2008, von 2008 bis 2012 und seit 2012 verändert sich die Erhebungsmethode der Gebäude und Gebäudenebenenflächen in der Regionalinformation des Bundesamt für Eich und Vermessungswesen

	1975		1980		1985		1990		1995		2000		2005		2010		2015		2020	
Quelle	BEV	GHSL	BEV	GHSL	BEV	GHSL	BEV	GHSL	BEV	GHSL	BEV	GHSL	BEV	GHSL	BEV	GHSL	BEV	GHSL	BEV	GHSL
	Gebäudeflächen in km²																			
W	no data	53	50	56	54	58	55	60	57	63	57	66	61	67	60	69	51	70	55	71
Vbg	no data	21	15	23	16	25	18	27	19	29	23	32	23	35	23	38	26	40	30	43
T	no data	46	30	50	32	54	36	59	37	64	46	70	52	76	56	81	51	86	58	89
Sbg	no data	36	21	39	22	41	24	44	27	48	37	52	44	55	45	59	36	62	45	65
Stmk	no data	86	109	97	117	108	124	120	129	131	119	143	127	153	134	165	114	176	130	186
OÖ	no data	114	88	123	93	133	102	143	108	157	126	170	134	187	141	204	135	221	152	238
NÖ	no data	153	179	167	194	181	204	196	209	217	208	239	210	255	218	273	192	290	219	303
Ktn	no data	45	46	49	49	53	50	57	51	61	50	66	52	71	54	76	50	82	59	86
Bgld	no data	29	61	32	71	35	73	39	72	42	55	46	44	50	50	54	38	58	49	61
AT	no data	583	597	636	649	689	687	744	709	812	719	883	747	950	781	1018	693	1085	797	1141

Tabelle 3 Appendix: Abweichung der Überbauung mit Gebäuden basierend auf dem räumlich expliziten Geodatenatz des Global Human Settlement Layer (GHSL Data Package P2023) (in km²) gegenüber der Gebäude- und Gebäudenebenenflächen (in km²) nach Regionalinformation des Bundesamts für Eich- und Vermessungswesen Österreich gegenüber der für die Jahre 1975 bis 2020 in Fünfjahresschritten für die österreichischen Bundesländer. Mit 1995 bis 2008, von 2008 bis 2012 und seit 2012 verändert sich die Erhebungsmethode der Gebäude und Gebäudenebenenflächen in der Regionalinformation des Bundesamt für Eich und Vermessungswesen.

Abweichung	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
W	no data	1,11	1,07	1,09	1,11	1,16	1,11	1,14	1,38	1,28
Vbg	no data	1,52	1,56	1,44	1,54	1,42	1,52	1,65	1,54	1,44
T	no data	1,70	1,68	1,63	1,72	1,53	1,44	1,44	1,68	1,53
Sbg	no data	1,84	1,84	1,81	1,77	1,41	1,26	1,31	1,71	1,44
Stmk	no data	0,89	0,92	0,96	1,01	1,20	1,20	1,23	1,55	1,43
OÖ	no data	1,41	1,43	1,40	1,45	1,36	1,40	1,45	1,64	1,57
NÖ	no data	0,93	0,94	0,96	1,04	1,15	1,21	1,25	1,51	1,39
Ktn	no data	1,07	1,09	1,14	1,20	1,31	1,37	1,43	1,65	1,45
Bgld	no data	0,53	0,50	0,53	0,59	0,85	1,13	1,08	1,53	1,23
AT	no data	1,06	1,06	1,08	1,15	1,23	1,27	1,30	1,57	1,43

Tabelle 4 Appendix: Vergleich der Bevölkerungszahlen aufgeteilt nach Bundesländern basierend auf den Daten der Volkszählung 1969 bis 2001 und der Registerzählung 20011 bis 2021 der Statistik Austria mit den Bevölkerungsdaten abgeleitet aus dem Global Human Layer (GHSL Data Package P2023) für die Jahre 1980, 1990, 2000, 2010 und 2020, sowie deren Abweichungen. Quelle: Statistik Austria Volkszählungen 1969 bis 2001, Registerzählungen 2011 bis 2020 und European Commission. Joint Research Centre (2023).

Quelle	1980			1990			2000			2010			2020		
	Austria Statistik	GHSL	Abweichung	Austria Statistik	GHSL	Abweichung	Austria Statistik	GHSL	Abweichung	Austria Statistik	GHSL	Abweichung	Austria Statistik	GHSL	Abweichung
W	1531.346	1541356	1,01	1492636	1542026	1,03	1548537	1553036	1,00	1689995	1700972	1,01	1911191	1943603	1,02
Vbg	305164	303455	0,99	323863	318486	0,98	348366	349135	1,00	368366	368517	1,00	397139	389069	0,98
T	586663	602187	1,03	618459	626943	1,01	667459	671005	1,01	704662	706605	1,00	757634	765523	1,01
Sbg	442301	474812	1,07	471835	489856	1,04	512854	514278	1,00	526730	531435	1,01	558410	556445	1,00
Stmk	1186.525	1176977	0,99	1169578	1166815	1,00	1182930	1185487	1,00	1205045	1209882	1,00	1246395	1255450	1,01
OÖ	1269.540	1278675	1,01	1296826	1308819	1,01	1370035	1366190	1,00	1409253	1402084	0,99	1490279	1463506	0,98
NÖ	1427.849	1374665	0,96	1455968	1424133	0,98	1535083	1537937	1,00	1605897	1604727	1,00	1684287	1679734	1,00
Ktn	536179	543464	1,01	544983	543288	1,00	560696	558143	1,00	557998	556794	1,00	561293	564838	1,01
Bgld	269771	251555	0,93	270670	258352	0,95	276226	275834	1,00	283697	284192	1,00	294436	293420	1,00
AT	7555338	7547146	1,00	7644818	7678718	1,00	8002186	8011044	1,00	8351643	8365208	1,00	8901064	8911588	1,00

Tabelle 5 Appendix: Vergleich Versiegelung ohne Verkehr in km² des ÖROK Monitorings für das Referenzjahr 2022 mit der Überbauung mit Gebäuden basierend auf dem räumlich expliziten Geodatensatz des Global Human Settlement Layer (GHSL Data Package P2023) in km² für das Jahr 2020 für die österreichischen Bundesländer. Anteile der Nutzungsart an der Versiegelten Fläche ohne Verkehr aus dem ÖROK Monitoring für das Referenzjahr 2020. Quelle: ÖROK (2023b) und European Commission. Joint Research Centre (2023). Abweichungen ergeben sich aus den unterschiedlichen Referenzjahren und unterschiedlichen Erhebungsmethoden.

	Überbauung mit Gebäuden in km² (2020)	Versiegelung ohne Verkehr in km² (2022)	Anteil Wohnnutzung an Versiegelung ohne Verkehr	Anteil gemischte bauliche Nutzung an Versiegelung ohne Verkehr	Anteil betriebliche Nutzung an Versiegelung ohne Verkehr	Anteil sonstige bauliche Nutzung an Versiegelung ohne Verkehr	Anteil Siedlungsfläche außerhalb Baulandwidmung an Versiegelung ohne Verkehr	Anteil Freizeit- und Erholungsflächen an Versiegelung ohne Verkehr	Anteil Ver- und Entsorgungsflächen an Versiegelung ohne Verkehr	Abweichung
Quelle	GHSL	ÖROK	ÖROK	ÖROK	ÖROK	ÖROK	ÖROK	ÖROK	ÖROK	GHSL/ ÖROK
W	71	106	49%	20%	16%	2%	4%	9%	0%	1,5
Vbg	43	63	36%	27	15%	0%	17%	3%	1%	1,5
T	8	130	32%	24%	11%	17%	14%	1%	1%	1,5
Sbg	65	100	36%	13%	18%	5%	24%	3%	1%	1,5
Stmk	186	297	32%	20%	18%	0%	26%	3%	1%	1,5
OÖ	238	346	29%	19%	21%	3%	24%	3%	1%	1,5
NÖ	303	448	0%	58%	18%	5%	15%	3%	1%	1,5
Ktn	86	134	54%	3%	21%	9%	9%	4%	1%	1,6
Bgld	61	85	26%	52%	11%	3%	2%	5%	1%	1,4
AT	1141	1690	26%	30%	18%	5%	17%	3%	1%	1,5

Acknowledgements

Wir danken Jochen A.G Jaeger für seine tatkräftige Unterstützung und Beratung. Wir danken Emily Mara Rischer sehr herzlich für die Zusammenstellung von Abbildung 1.

Kontakt

Anna-Katharina Brenner

Email: a.brenner@ioer.at