

**Versiegelungskartierung 2023 und Prüfung KI-gestützter Versiegelungserkennung**

**Sitzungsvorlage Nr. 20-26 / V 17372**

**Beschluss des Ausschusses für Klima- und Umweltschutz vom 23.09.2025 (VB)**

Öffentliche Sitzung

**Kurzübersicht**

zum beiliegenden Beschluss

<b>Anlass</b>	Sitzungsvorlage Nr. 02-08 / V 06520 Fortschreibung der Münchner Versiegelungskarte: Erstellung von Versiegelungskartierungen in vierjährigem Turnus  Sitzungsvorlage Nr. 20-26 / V 04466 Freiraumsicherung in der Stadtentwicklung – Flächeninanspruchnahme steuern, Versiegelung minimieren
<b>Inhalt</b>	Bericht über die turnusmäßige Versiegelungskartierung mit Datenstand 2023 entsprechend Sitzungsvorlage Nr. 02-08 / V 06520. Beschluss zur Weiterentwicklung der Methodik zu einer kleinräumigen KI-gestützten Versiegelungserkennung, die zukünftig mit jeder Luftbildbefliegung erfolgen soll, entsprechend Antragspunkt 5 aus Sitzungsvorlage Nr. 20-26 / V 04466.
<b>Gesamtkosten / Gesamterlöse</b>	-/-
<b>Klimaprüfung</b>	Eine Klimaschutzrelevanz ist gegeben: Nein Ob ein zusätzlicher Energieaufwand für die KI-gestützte Erstellung der Versiegelungskartierung entsteht, kann zwar nicht valide abgeschätzt werden, dieser dürfte jedoch in keiner nennenswerten Größenordnung i. S. d. Klimaschutzprüfung liegen.
<b>Entscheidungsvorschlag</b>	Die Versiegelungskartierungen sollen zukünftig durch die Luftbildstelle des Kommunalreferats mittels KI-unterstützter Oberflächenenerkennung für jede Luftbildbefliegung erfolgen.
<b>Gesucht werden kann im RIS auch unter</b>	Bodenversiegelung, Versiegelungskartierung, Oberflächenerkennung, Künstliche Intelligenz, KI
<b>Ortsangabe</b>	-/-



## **Versiegelungskartierung 2023 und Prüfung KI-gestützter Versiegelungserkennung**

### **Sitzungsvorlage Nr. 20-26 / V 17372**

#### **Beschluss des Ausschusses für Klima- und Umweltschutz vom 23.09.2025 (VB)** Öffentliche Sitzung

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
I. Vortrag der Referentin .....	2
1. Ausgangslage Versiegelungskartierungen .....	2
1.1 Bisherige Verfahren der Versiegelungskartierung .....	2
1.2 Aktuelle Herausforderungen und Entwicklungen .....	3
1.2.1 Datengrundlagen und Kartieraufwand.....	3
1.2.2 Technologischer Fortschritt und Künstliche Intelligenz (KI) .....	4
1.3 Die neue Kartiermethodik: Versiegelungskartierung 2023 mit KI-Unterstützung .....	6
1.4 Auswertungen der Versiegelungsdaten 2023 .....	10
1.5 Neuberechnung der Versiegelungskartierung 2019 mit KI-Unterstützung.....	12
1.6 Bewertung der KI-gestützten Versiegelungskartierung .....	15
1.7 Entbürokratisierung .....	16
2. Entscheidungsvorschlag .....	16
3. Klimaprüfung .....	17
4. Abstimmung mit den Querschnitts- und Fachreferaten.....	17
II. Antrag der Referentin .....	17
III. Beschluss.....	18

## I. Vortrag der Referentin

### 1. Ausgangslage Versiegelungskartierungen

Das Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU) führt seit 1988, beginnend mit dem Datenstand 1985, Versiegelungskartierungen für das Stadtgebiet durch und gibt sie dem Stadtrat zur Kenntnis. Die letzte Kartierung wurde mit dem Datenstand 2019 durchgeführt, siehe Sitzungsvorlage Nr. 20-26 / V 03843 Fortschreibung der Münchner Versiegelungskartierung.

Grundlage für diese Kartierungen war der Auftrag des Stadtrats vom 18.09.2007, Sitzungsvorlage Nr. 02-08 / V 10676, die Versiegelungskartierung des Stadtgebietes München in vierjährigem Turnus fortzuschreiben. Zudem wurde der bestehende Auftrag bestätigt, bedarfsweise genauere Untersuchungen von Gebieten mit besonderer Entwicklungsdynamik anzufertigen und dem Stadtrat vorzustellen.

Mit dem Beschluss des Referats für Stadtplanung und Bauordnung „Freiraumsicherung in der Stadtentwicklung – Flächeninanspruchnahme steuern, Versiegelung minimieren“ vom 24.02.2022 (Sitzungsvorlage Nr. 20-26 / V 04466) wurden das Referat für Klima- und Umweltschutz und das Kommunalreferat beauftragt, die Anwendung einer kleinräumigen, KI-gestützten Kartierungsmethodik zu prüfen:

Antragspunkt 5:

*„Das Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU) und der GeodatenService im Kommunalreferat werden gebeten zu prüfen, inwieweit ergänzend zur Kartierung des RKU auf Basis der Baublöcke ein (teil)automatisiertes Verfahren der Fernerkundung angewendet werden kann, das Informationen über die kleinräumige Bodenbedeckung liefert.*

*Der GeodatenService im Kommunalreferat wird gebeten, gemeinsam mit dem Referat für Stadtplanung und Bauordnung zu prüfen, ob die (teil)automatisierte Klassifizierung der Landbedeckung einen Beitrag zur Identifikation von Potentialen zur effizienteren Nutzung bereits versiegelter Flächen, z. B. in Form eines gesamtstädtischen Datensatzes zur Versiegelungseffizienz leisten kann.*

*Die Referate werden aufgefordert zu prüfen, wie aus der Versiegelungskartierung ein digitales Monitoring mit automatischer Fortschreibung zur Nachverfolgung der Ver- und Entsiegelungsquoten für das gesamte Stadtgebiet entwickelt werden kann.“*

#### 1.1 Bisherige Verfahren der Versiegelungskartierung

Seit der Beauftragung zur Versiegelungskartierung (Sitzungsvorlage Nr. 02-08 / V 10676) wurde in den folgenden Jahren für jedes verfügbare Luftbild mit unbelaubter Vegetation (Winterluftbild) die Versiegelungsklasse pro Baublock in 10-Prozent-Schritten durch visuelle Beurteilung und digitale Berechnung von Gebäudeflächen ermittelt und kartographisch dargestellt. Zusätzlich wurde jeweils ein Gesamtversiegelungsgrad für das Stadtgebiet berechnet (siehe auch Kapitel 1.3).

Die Ergebnisse dieser Kartierungen wurden jeweils dem Stadtrat vorgestellt. Die zuletzt verwendete Methodik für die Ermittlung des Versiegelungsgrades der Baublöcke ist in der Bekanntgabe Nr. 20-26 / V 03843 in der Anlage 1 beschrieben.

Tabelle 1: Übersicht der Eckdaten der bisherigen Versiegelungskartierungen

	1985	1994	2006	2011	2015	2019
<b>Kartierumfang</b>	alle Baublöcke	nur Baublöcke mit Veränderungen	nur Baublöcke mit Veränderungen	alle Baublöcke	alle Baublöcke	nur Baublöcke mit Veränderungen
<b>Datenbasis</b>	Luftbilder 1985/85 schwarzweiß analog M 1:5.000/1.000	Luftbilder 1993/94 schwarzweiß analog M 1:5.000/1.000	Luftbild 2006 farbig digital Auflösung 10cm	Luftbild 2011 farbig digital Auflösung 10cm	Luftbild 2015 farbig digital Auflösung 10cm	Luftbild 2019 farbig digital Auflösung 10cm
<b>Bezugs-ebene</b>	Baublöcke 1985	Baublöcke 1992	Baublöcke 12/2005	Baublöcke 2011 u. 2013	Baublöcke 06/2015	Baublöcke 05/2019
<b>Weitere Daten-grundlagen</b>	-	-	Gebäudegrundflächen	u.a. Gebäudegrundflächen, Infrarot-Luftbild	u.a. Gebäudegrundflächen, Wegeoberflächen aus OpenStreet-Map	u.a. Gebäudegrundflächen, Wegeoberflächen aus OpenStreet-Map
<b>Erhebungsmethodik</b>	visuell	visuell	Kombination automatisiert und visuell	Objektbasiert, automatisiert mit visueller Korrektur problematischer Bereiche	Kombination automatisiert und visuell	Kombination automatisiert und visuell
<b>unterirdische Gebäude berücksichtigt?</b>	nein	nein	nein	nein	ja	ja
<b>bekanntgegeben</b>	Umweltatlas der LHM	02-08 / V 06520	02-08 / V 10676	14-20 / V 00682	20-26 / V 03843	

Diese Kartierungsergebnisse waren wegen der unterschiedlichen Qualität der Datengrundlagen und der unterschiedlichen Methodik nicht direkt miteinander vergleichbar, mit Ausnahme der Kartierungen 2015 und 2019, die mit Kartierungsgrundlagen gleicher Qualität und mit der gleichen Methodik erstellt wurden.

## 1.2 Aktuelle Herausforderungen und Entwicklungen

Seit der ersten Münchner Versiegelungskartierung, die 1988 mit dem Datenstand 1985 erstellt wurde, haben sich die Arbeitsvoraussetzungen und Möglichkeiten stetig verändert. Eine, wie ursprünglich angestrebte, wiederholte Versiegelungskartierung mit gleichbleibender Methodik im Sinne eines Monitorings hat sich aufgrund der folgenden Herausforderungen als nicht durchführbar erwiesen.

### 1.2.1 Datengrundlagen und Kartieraufwand

Die Datengrundlagen, die für die Versiegelungskartierungen zur Verfügung stehen, haben sich in den vergangenen Jahren wiederholt erheblich verändert.

#### Verbesserte Kartiergrundlagen durch technischen Fortschritt

Die Qualität der Luftbilder, die der Landeshauptstadt München zur Verfügung stehen, hat sich über die Jahre deutlich gesteigert: Der GeodatenService des Kommunalreferats führt aktuell alle zwei Jahre eine Flugzeugbefliegung zur Erzeugung von digitalen Luftbilddaten

durch, wobei wechselweise der belaubte Zustand (Sommerluftbild) und der unbelaubte Zustand (Winterluftbild) erfasst wird. Seit 2021 werden so ultrahocho aufgelöste Luftbilder mit den Kanälen RGBI (rot, grün, blau und Infrarot) in 5 cm-Auflösung erzeugt, wodurch sich zusätzliche Möglichkeiten für die Auswertung und Kartierungsarbeiten ergeben.<sup>1</sup>

### **Erschwerte Erzeugung von Winterluftbildern**

Für die Beurteilung der Versiegelung sind Luftbilder in unbelaubtem Zustand (Winterluftbilder) wesentlich besser geeignet als Sommerluftbilder.

Aufgrund von Wettereinflüssen und begrenzter Verfügbarkeit von Auftragnehmern, die eine solche Befliegung durchführen können, gibt es u.U. nur ein sehr kleines Zeitfenster im Jahr, an denen eine Befliegung stattfinden kann. Dies betrifft vor allem die Winterluftbilder, für die mehrere Tage wolkenfreier Himmel und fehlende Schneedecke zusammentreffen müssen.

Im Jahr 2023 konnte deshalb nicht wie geplant eine Winterbefliegung (unbelaubter Zustand) durchgeführt werden. Stattdessen fand eine Sommerbefliegung (voll belaubter Zustand) statt.

Im März 2025 herrschten wiederum die richtigen Bedingungen für eine Winterbefliegung. Diese Luftbilder müssen noch aufbereitet werden und stehen noch nicht zur Verfügung.

### **Hoher Kartieraufwand**

Mit den bisherigen Versiegelungskartierungen auf Baublockbasis war ein erheblicher manueller – und damit zeitlicher und personeller – Aufwand verbunden. Für die Kartierung des gesamten Stadtgebietes, wie in der Versiegelungskartierung 2015, mussten die circa 10.000 Baublöcke des Stadtgebietes einzeln beurteilt werden.

Für die Teilkartierung 2019 wurden ca. 20 % der Baublöcke neu beurteilt.

Diese Beurteilung wurde zwar durch die automatisierte Berechnung der Gebäudegrundfläche pro Baublock unterstützt, es war aber zusätzlich eine optische Einzelbeurteilung der einzelnen Baublockflächen notwendig.

## **1.2.2 Technologischer Fortschritt und Künstliche Intelligenz (KI)**

Die Qualität der Luftbilder und der daraus abgeleiteten Produkte, die in der Landeshauptstadt München zur Verfügung stehen, ist, wie oben beschrieben, mittlerweile sehr hoch. Zusätzlich gab es große Fortschritte im Bereich digitaler Bildverarbeitungstechniken: Durch die Verwendung von Künstlicher Intelligenz (Deep Learning und neuronale Netze) können Daten in Luftbildern mit hoher Zuverlässigkeit automatisch klassifiziert werden. Der GeodatenService München verfügt mittlerweile auch über KI-gestützte Auswertungstools, mit denen die hochwertigen Datengrundlagen ausgewertet werden können, wodurch sich zahlreiche neue Möglichkeiten in der kommunalen Fernerkundung ergeben.

So stehen KI-Tools zur Verfügung, mit denen Versiegelungswerte aus Befliegungsdaten abgeleitet werden können. Anhand älterer, manuell erstellter Versiegelungskartierungen sind diese Ergebnisse teilweise überprüfbar.

Im Folgenden werden verschiedene, für Versiegelungskartierungen einsetzbare automatisierte Vorgehensweisen beschrieben.

### **ADOIS**

Die von der Westfälischen Hochschule und dem Kreis Recklinghausen entwickelte OpenSource-Anwendung zur automatisierten Versiegelungskartierung ADOIS (automatic detection of impervious surfaces) steht der Landeshauptstadt München ohne Lizenzkosten zur Verfügung. Sie basiert auf dem Modell U-Net CNN und wurde auf manuell erfassten Versiegelungskarten der Emscher-Lippe-Region trainiert.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Die technischen Daten der erzeugten Luftbilder sind in der Bekanntgabe des Forschungs- und Innovationsberichtes der Landeshauptstadt München 2025 enthalten (Sitzungsvorlage 20-26 / V 16734 vom 24.06.2025)

<sup>2</sup> Siehe <https://webgis-re.de/versiegelte-flaechen> Letzter Aufruf 17.07.2025

Das Ergebnis des ADOIS-Algorithmus enthält die als versiegelt angesehenen Flächen, unterteilt in „Hochbau“ (Gebäude) und „Tiefbau“ (versiegelte Bodenoberflächen). ADOIS erkennt viele versiegelte Flächen zuverlässig, siehe Beispiel in der folgenden Abbildung:



Die Gebäude (lila) wurden zuverlässig erkannt.

Die Straßenoberflächen (blau) wurden gut erkannt, jedoch sind Bereiche, die von belaubten Baumkronen bedeckt sind, meist nicht erfasst.

Offene Flächen ohne Vegetation (rechts oben) werden in einigen Fällen fälschlicherweise als versiegelt (Tiefbau) bewertet.

*Abbildung 1: Darstellung der ADOIS-Versiegelungserkennung*

### **Landbedeckungsklassifizierung (LCC)**

Der LCC-Algorithmus bildet aus Luftbildern in belaubtem Zustand Objekte (abgegrenzte Flächen) und ordnet diese entsprechend ihren Eigenschaften, wie beispielsweise Farbwert, Farbintensität und Geometrie, verschiedenen Oberflächenarten zu.

Es wird ein hybrider Ansatz verwendet: Die Grundlagendaten werden mittels Künstlicher Intelligenz vorklassifiziert und dann durch den sogenannten OBIA-Ansatz (Object-based Image Analysis) verfeinert. Hierdurch werden Objekte mit ähnlichen spektralen und räumlichen Eigenschaften identifiziert und zusammengefasst.

Mit zusätzlichen sekundär aus den Luftbildern abgeleiteten Daten, wie dem NDVI-Index (Normalized Difference Vegetation Index bzw. Normierte-Differenz-Vegetationsindex) oder Bruchkanten durch das normalisierte Digitale Oberflächenmodell (nDOM), wird die Abgrenzung der Objekte präzisiert. Der ADOIS-Algorithmus fließt ebenfalls ein, um die Erkennung der versiegelten Flächen zu verbessern.

Als Ergebnis entsteht für die gesamte Stadtfläche eine Kartierung mit einer Klassifizierung der Oberflächenarten, siehe folgende Abbildung:



Klassen der  
Landbedeckungsklassifizierung:

- Construction (Bebauung)
- Dachbegrünung
- versiegelt (versiegelte Bodenoberfläche)
- Vegetation in acht Höhenstufen
- Wasser

Abbildung 2: Darstellung der Landbedeckungsklassifizierung

### 1.3 Die neue Kartiermethodik: Versiegelungskartierung 2023 mit KI-Unterstützung

Im Folgenden wird die Methodik erläutert, die bei der Versiegelungskartierung 2023 angewendet wurde.

#### Eingangsdaten

Für die Versiegelungskartierung 2023 mittels LCC-Algorithmus wurden folgende, aus den Befliegungsdaten erzeugte Eingangsdaten verwendet:

- RGBI-Luftbild Auflösung (belaubter Zustand)
- nDOM (normalisiertes Digitales Oberflächenmodell)
- LiDAR-Punktwolke

#### Eingesetzter Algorithmus

Sowohl der ADOIS-Algorithmus als auch der LCC-Algorithmus sind grundsätzlich gut geeignet, hinreichend genaue Versiegelungswerte aus Luftbildern abzuleiten.

Für die Versiegelungskartierung 2023 wurde der für den belaubten Zustand optimierte LCC-Algorithmus verwendet.

Mit dem LCC-Algorithmus wurden auf der Grundlage des Sommerluftbildes 2023 stadtweite Rasterdaten in 40 cm-Auflösung erzeugt; jeder Rasterzelle ist eine der o.g. Landbedeckungsarten zugeordnet.

Wegen der belaubten Vegetation wurden, wie oben beschrieben, Baumkronen als Vegetation erfasst; die darunterliegenden Flächen sind einer Bewertung nicht zugänglich.

Dies ist ein systemisches Problem und nicht vermeidbar; auch eine manuelle Kartierung hätte hier vergleichbare Schwierigkeiten. Bei der Interpretation der Ergebnisse muss dies stets berücksichtigt werden.

Da die Ergebnisse aus Winter- und Sommerluftbildern ohnehin nicht direkt miteinander vergleichbar sind, erscheint diese systematische Untererfassung versiegelter Flächen unter Baumkronen durch den LCC-Algorithmus hinnehmbar, denn es sind nicht nur die absoluten Versiegelungswerte wertvoll, sondern längerfristig vor allem auch ein Vergleich von Versiegelungswerten über mehrere Jahre.



## Ermittlung der versiegelten Fläche

Drei der durch den LCC-Algorithmus erfassten Flächenarten wurden als versiegelte Flächen gewertet:

- Versiegelt (versiegelte Bodenoberflächen)
- Construction (Gebäude)
- Dachbegrünung (Hier ist die darunterliegende Gebäudefläche entscheidend. Die Begrünung hebt die Versiegelungswirkung des Gebäudes nicht auf.)

Die übrigen Flächen galten als unversiegelt.

Mit der KI-gestützten Versiegelungskartierung 2023 wurden also, wie in den früheren manuellen Kartierungen, Gebäude oder sonstige bauliche Anlagen (überbauter Boden) sowie undurchlässige Oberflächenmaterialien, wie Asphalt, Beton oder Pflastersteine, als versiegelte Flächen berücksichtigt.

Jedoch konnten teildurchlässige Oberflächen, wie beispielsweise Parkwege mit wassergebundener Decke, die in den früheren Versiegelungskartierungen als teilversiegelt (zu 30 % versiegelt) bewertet wurden, mit der KI-gestützten Versiegelungserkennung nicht gesondert berücksichtigt werden, da eine zuverlässige Unterscheidung von unversiegelten, lediglich vegetationslosen Flächen nicht möglich ist. Solche Flächen wurden vom Algorithmus teilweise als versiegelt und teilweise als unversiegelt gewertet (siehe auch Abbildung 3).

Ebenso konnten unterirdische Bauwerke, anders als in den letzten beiden Kartierungen von 2019 und 2015, nicht erfasst werden, da sie der optischen Erkennung nicht zugänglich sind. Eine Berechnung der unterirdischen Gebäudefläche erfolgte ersatzweise mit Daten aus ALKIS, wie weiter unten (S. 9) beschrieben.

Der durch den LCC-Algorithmus erzeugte Datenauszug kann direkt für Berechnungen verwendet oder kartographisch dargestellt werden (siehe folgende Abbildung):



Darstellung der versiegelten Oberflächenarten, hier unterschieden in Hochbau (Construction und Dachbegrünung) und Tiefbau (versiegelt)

*Abbildung 3:*

*Versiegelungsflächen 2023, die mit dem LCC-Algorithmus ermittelt wurden*

Analog zu den bisherigen Versiegelungskartierungen wurde für die Versiegelungskartierung 2023 aus den Ergebnisdaten der prozentuale Gesamtversiegelungsgrad (Anteil der versiegelten Fläche des Stadtgebietes) berechnet: Dieser beträgt 36,3 %. Davon werden 17,2 % dem Hochbau zugerechnet und 19,1 % dem Tiefbau.

Dieser Wert fällt deutlich niedriger aus als die in früheren Kartierungen ermittelten Gesamtversiegelungsgrade. Die Versiegelungskartierung 2023 wurde als bisher einzige Kartierung auf der Grundlage eines Sommerluftbildes mit belaubter Vegetation erstellt, da eine Winterbefliegung nicht möglich war. Aufgrund der oben beschriebenen Einschränkung der Sichtbarkeit der Bodenoberfläche unter Vegetationsüberdeckung erfolgte eine systematische Untererfassung von versiegelten Flächen, weshalb kein direkter Vergleich mit den in früheren Kartierungen ermittelten Werten möglich ist.

In der folgenden Tabelle sind die Gesamtversiegelungsgrade aller Versiegelungskartierungen der Landeshauptstadt München aufgeführt:

*Tabelle 2: Gesamtversiegelungsgrade der Kartierungen 1985 bis 2023*

Kartierung	1985	1994	2006	2011	2015	2019	2023
Gesamtversiegelungsgrad	42 %	42 %	43 %	40 %	44 %	44 %	36 %

Ein direkter Vergleich ist nur zwischen den beiden Kartierungen 2015 und 2019 sinnvoll, da hier die Art der Datengrundlagen und die Kartierungsmethodik identisch waren (siehe auch Tabelle 1).

### **Kartendarstellung der KI-gestützten Versiegelungserkennung 2023**

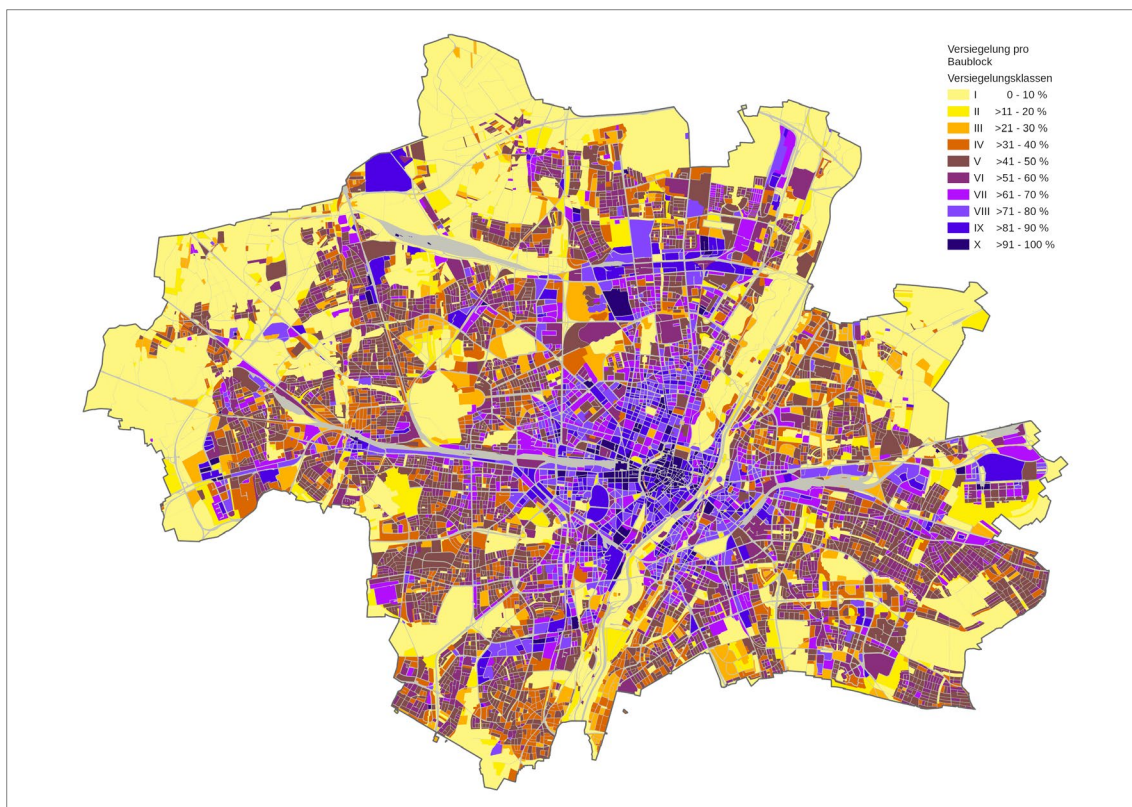
Die mit dem LCC-Algorithmus erzeugten Rasterdaten können auf beliebige Raumbezugs-ebenen übertragen werden. Dazu wird die versiegelte Fläche für die Einzelflächen, wie zum Beispiel die Baublöcke oder die Flurstücke, summiert.

So werden unterschiedliche, teilweise sehr kleinräumige kartographische Darstellungen und Auswertungen möglich.

Die bisherigen Versiegelungskarten wurden auf der Baublockebene in Versiegelungsklassen in 10 %-Schritten dargestellt. Die Ergebnisdaten aus dem LCC-Algorithmus wurden deshalb ebenfalls auf die Baublöcke übertragen. Im Anschluss wurde der versiegelte Flächenanteil pro Baublock berechnet und in Versiegelungsklassen von I bis X eingeteilt:

Anteil der versiegelten Fläche	Versiegelungsklasse
0 bis 10%	I
>10 bis 20%	II
>20 bis 30%	III
>30 bis 40%	IV
>40 bis 50%	V
>50 bis 60%	VI
>60 bis 70%	VII
>70 bis 80%	VIII
>80 bis 90%	IX
>90 bis 100%	X

Die so erzeugten Daten wurden entsprechend der bisherigen manuellen Versiegelungskartierungen dargestellt und ausgewertet (siehe folgende Abbildung und Kapitel 1.4).



*Abbildung 4:  
Ergebnisse der Versiegelungskartierung 2023, bezogen auf die Baublöcke*

Die Versiegelungskarte 2023 wird im GeoPortal sowie in den internen Datenplattformen der Landeshauptstadt München bereitgestellt.

### **Unterirdische Gebäude**

Da unterirdische Gebäude im Luftbild nicht automatisiert erkannt werden können, wurden sie über die automatisierte Kartierung nicht erfasst.

In den Versiegelungskartierungen 2015 und 2019 waren für die Ermittlung der Versiegelungsklassen der Baublöcke auch unterirdische Bauwerke berücksichtigt worden. Diese stammten zum Teil aus den ALKIS-Daten (Amtliches Liegenschaftskataster-Informationssystem). Da darin jedoch ältere unterirdische Bauwerke nicht enthalten sind, wurden zusätzlich manuell Tiefbauwerke aus Luftbildinformationen ermittelt. Dies war möglich, weil z.B. Tiefgaragen durch ihre weitgehend von Gehölzbewuchs freigehaltenen Oberflächen sowie ihre Lichtschächte im Luftbild erkennbar waren. So war in vielen Fällen eine Abschätzung der unterirdischen Bauwerksgröße möglich. Diese manuelle Einzelerfassung war jedoch mit einem erheblichen Zeitaufwand verbunden.

Um eine Aussage zur unterirdischen Bauwerksfläche für die Versiegelungskartierung 2023 machen zu können, wurden die unterirdischen Gebäudeflächen aus ALKIS mit den Daten aus der automatischen Versiegelungserkennung abgeglichen. So konnte ermittelt werden, wie groß die Fläche unterirdischer Gebäude ist. Deren Oberfläche wurde als „unversiegelt“ klassifiziert (siehe Abbildung 5 und Tabelle 3):

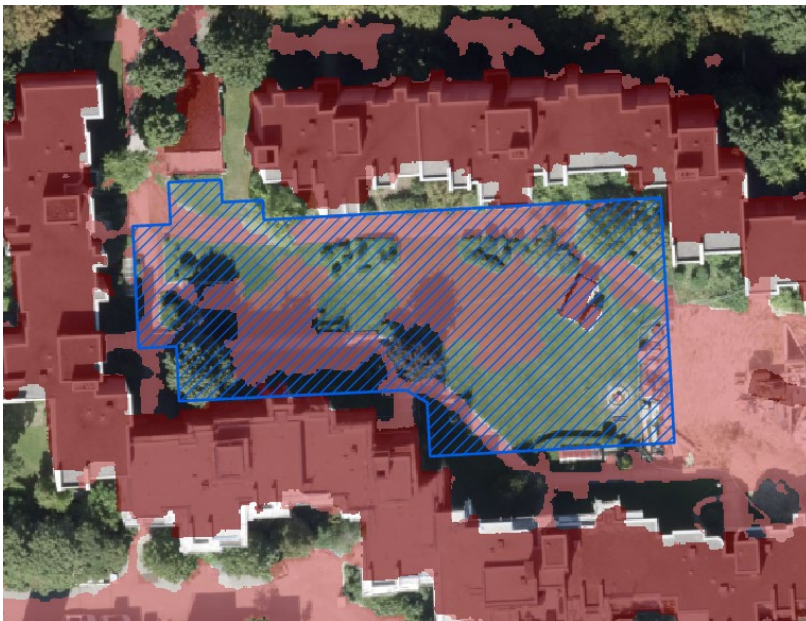


Abbildung 5: Beispiel einer in ALKIS enthaltenen Tiefgarage, deren Fläche teilweise als unversiegelt gewertet wurde

Tabelle 3: Flächengrößen unterirdischer Gebäude

Unterirdische Gebäudefläche aus ALKIS	696,0 ha
davon vom LCC-Algorithmus erfasst	270,7 ha
davon nicht vom LCC-Algorithmus erfasst	425,3 ha

Die zusätzliche, nicht vom Algorithmus erfasste unterirdische Gebäudefläche beträgt 425,3 ha und macht ca. 1,4 % der 31.073 ha umfassenden Stadtfläche aus.

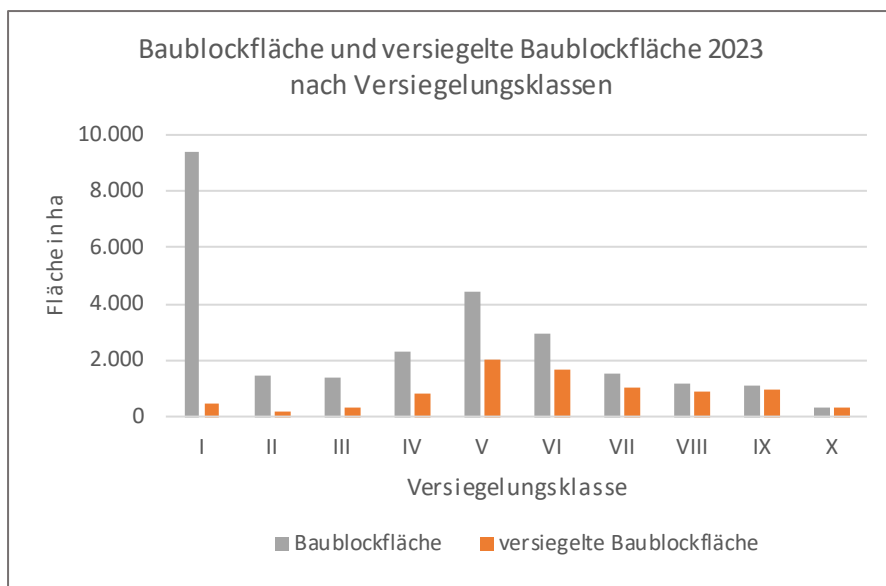
Weitere, nicht im ALKIS-Datenbestand enthaltene unterirdische Bauwerke sind nicht berücksichtigt, sodass dieser Wert wahrscheinlich noch höher liegt.

#### 1.4 Auswertungen der Versiegelungsdaten 2023

Im Folgenden werden die in der Versiegelungskarte 2023 dargestellten, mit KI-unterstützter Versiegelungserkennung erzeugten Daten ausgewertet.

##### Auswertung auf Basis der Baublöcke

Es wurden pro Versiegelungsklasse (siehe Abbildung 4) die Baublockfläche und die versiegelte Fläche der Baublöcke summiert und grafisch dargestellt (siehe folgende Abbildung). Hier ist zu berücksichtigen, dass die Gesamtfläche der Baublöcke nicht das gesamte Stadtgebiet umfasst, da es auch blockfreie Flächen gibt (Straßen- und Schienenverkehrsflächen, die knapp 16 % der Stadtfläche ausmachen).



**Abbildung 6:**  
*Baublockfläche und versiegelte Fläche nach Versiegelungsklassen*

Der weitaus größte Flächenanteil (36,1 %) entfällt auf Baublöcke mit der niedrigsten Versiegelungsklasse I (bis zu 10 % versiegelt). Das sind zum großen Teil land- und forstwirtschaftliche Flächen, die in den äußeren Bereichen des Stadtgebietes liegen. In diesen Gebieten ist nur ein kleiner Anteil der versiegelten Fläche enthalten (5,5 %).

Der Großteil der versiegelten Fläche liegt in Baublöcken mit mittleren bis höheren Versiegelungsklassen. Allein in den Baublöcken der beiden Versiegelungsklassen V und VI (über 40 bis 60 % versiegelt) liegen 42,1 % der versiegelten Fläche. Sie machen zusammen 28,3 % der gesamten Baublockfläche aus. Häufig sind dies bebaute innerstädtische Bereiche mit Grünanteil.

#### **Auswertung auf Basis der Flurstücke**

Für eine kleinräumigere Auswertung wurden die Ergebnisdaten der KI-gestützten Versiegelungserkennung (LCC-Algorithmus) nach dem oben beschriebenen Verfahren auf die Flurstücke übertragen. Die Flurstücke überdecken im Gegensatz zu den Baublöcken die gesamte Stadtfläche, also auch die Straßen und Schienenverkehrswege.

Eine kartographische Darstellung der Versiegelungswerte auf der Raumbezugsebene der Flurstücke kann aus Datenschutzgründen bislang nicht veröffentlicht werden, sodass hier nur die Flächenauswertung vorgestellt werden kann:

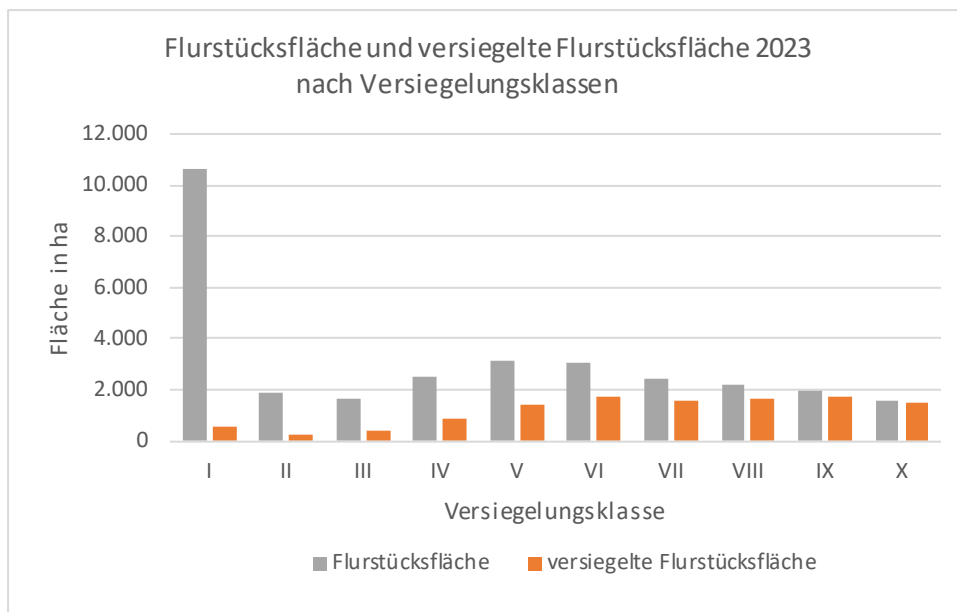


Abbildung 7:  
Flurstücksfläche und versiegelte Flurstücksfläche nach Versiegelungsklassen 2023

Analog zu den Baublöcken machen die Flurstücke mit der niedrigsten Versiegelungsklasse I (bis zu 10 % versiegelt) den größten Flächenanteil aus.

Der Großteil der versiegelten Flurstücksfläche verteilt sich relativ gleichmäßig auf Flurstücke mit den Versiegelungsklassen V bis X (über 40 bis 100 % versiegelt). Diese enthalten 81,9 % der versiegelten Fläche, machen aber nur 46,3 % der Gesamtfläche aus.

#### Auswertung der Nutzungsart aus ALKIS

Um eine Aussage zu den Primärquellen der Versiegelung treffen zu können, wurden die mit der KI-gestützten Versiegelungserkennung erzeugten Daten mit den Hauptnutzungsarten der Flurstücke verknüpft.

Über 80 % der versiegelten Fläche liegt in Flurstücken mit einer der fünf folgenden Hauptnutzungsarten:

Tabelle 4: Hauptnutzungsarten aus ALKIS und versiegelte Fläche

Hauptnutzungsart ALKIS	Anteil der versiegelten Fläche
GF Wohnen	39,9%
Straße, benannt	23,7%
GF Handel, Wirtschaft und Dienstleistung	10,5%
GF Gewerbe und Industrie	4,0%
Erziehung	2,4%

### 1.5 Neuberechnung der Versiegelungskartierung 2019 mit KI-Unterstützung

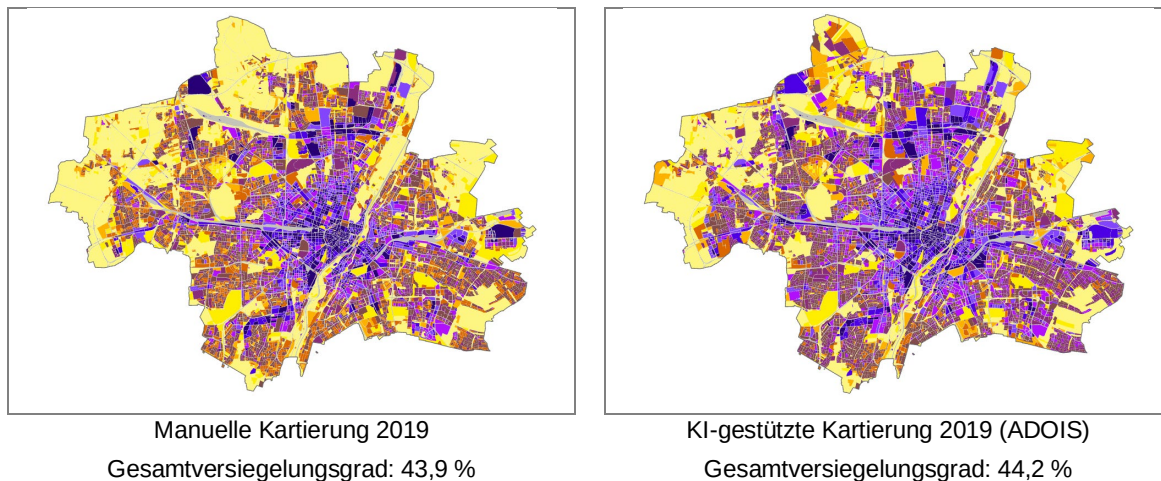
Für einen direkten Vergleich einer KI-gestützten Versiegelungskartierung mit einer manuellen Versiegelungskartierung wurde der ADOIS-Algorithmus auf das Winterluftbild 2019 angewendet, auf dessen Grundlage auch die letzte manuelle Kartierung durchgeführt worden war. Der ADOIS-Algorithmus wurde ausgewählt, weil der LCC-Algorithmus nicht geeignet ist, da er für den belaubten Zustand trainiert wurde.

Die durch ADOIS abgeleiteten Versiegelungswerte wurden auf die Baublockgeometrie 2019 bezogen. Abschließend wurde jedem Baublock auf Basis seiner prozentualen

Versiegelungswerte eine 10 %-Versiegelungsklasse zugeteilt. So entstand eine Karte, die in der Darstellung exakt der Versiegelungskarte 2019 entspricht, deren Versiegelungswerte jedoch mit einer KI-gestützten automatisierten Versiegelungserkennung, in diesem Fall mit dem ADOIS-Algorithmus, erstellt wurden.

### Vergleich der Ergebnisse

Der ermittelte Gesamtversiegelungsgrad ist bei beiden Kartierungen mit einer Differenz von nur 0,3 % praktisch identisch und liegt bei 44 %.



*Abbildung 8:  
Versiegelungskartierungen 2019 mit unterschiedlicher Methodik: Vergleich*

Im optischen Vergleich erscheinen die Karten grundsätzlich sehr ähnlich. In der ADOIS-Kartierung fallen größere Flächen in den eher landwirtschaftlich genutzten Außenbereichen auf (z.B. im nördlichen Bereich des Stadtgebietes), die mit höheren Versiegelungsklassen belegt sind als in der manuellen Kartierung. Dort wurden gelegentlich Ackerflächen fälschlicherweise als versiegelte Flächen (Tiefbau) bewertet, wodurch die Versiegelungsklasse der entsprechenden Baublöcke erhöht wurde.

Im folgenden Diagramm werden die ermittelten Versiegelungsklassen der beiden Kartierungen von 2019 miteinander verglichen:

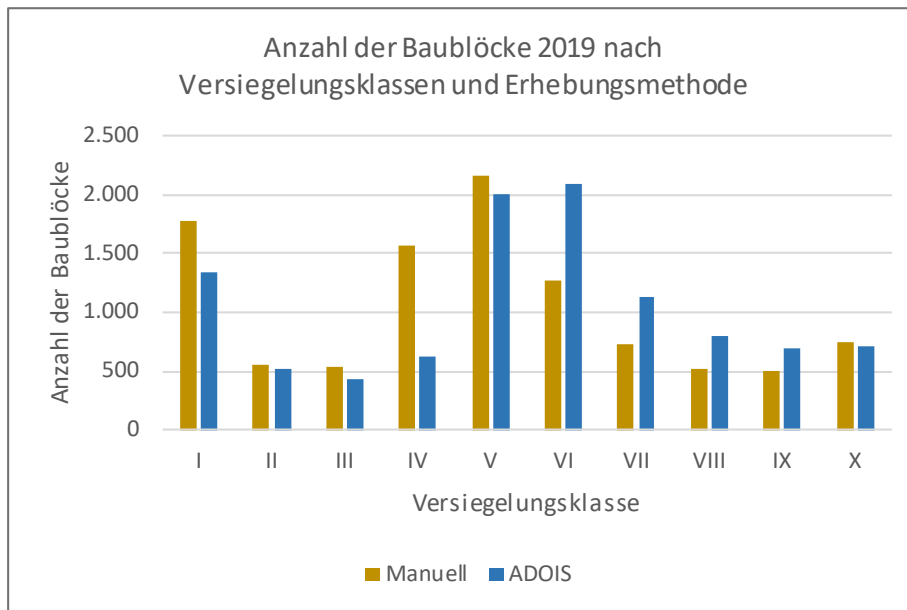


Abbildung 9:  
Versiegelte Baublockfläche 2019 nach Versiegelungsklassen im Vergleich

Vor allem die Versiegelungsklassen IV (über 30 bis 40 % versiegelt) und VI (über 50 bis 60 % versiegelt) wurden in den beiden Kartierungen unterschiedlich häufig vergeben. Während in der manuellen Kartierung sehr viel häufiger Baublöcke mit IV bewertet wurden, ist mit ADOIS die Versiegelungsklasse VI deutlich häufiger vergeben worden. Diese Unterschiede dürften durch fehlerhaft als versiegelt gewertete vegetationsfreie Flächen in den Bereichen mit Gebäudebestand und Freiflächen erklärbar sein.

Für einen direkten Vergleich der Bewertungen der einzelnen Baublöcke in den beiden Versiegelungskartierungen für 2019 wurde die Differenz der Versiegelungsklassen aus beiden Verfahren berechnet (siehe folgende Abbildung).

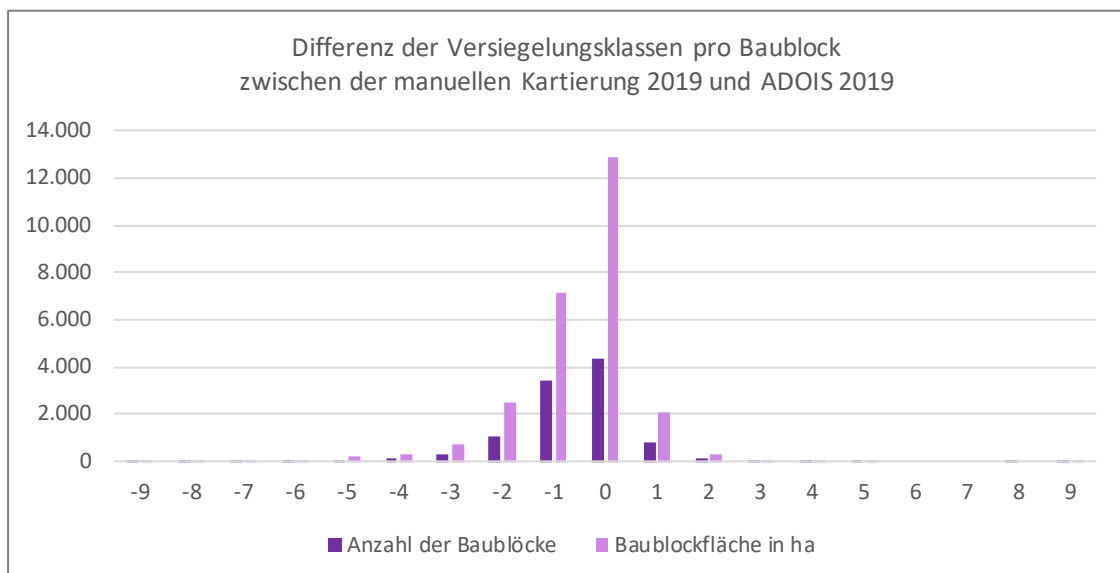


Abbildung 10:  
Vergleich der Versiegelungsklassen pro Baublock zwischen der manuellen Versiegelungskartierung 2019 und ADOIS 2019

Es erhielten zwar weniger als die Hälfte der Baublöcke (42 %) dieselbe Versiegelungsklasse in beiden Kartierungen, jedoch beträgt in 83 % der Fälle die maximale Abweichung nur eine Klassenstufe (maximal 10 % Unterschied), und für 95 % der Baublöcke maximal



zwei Klassenstufen (maximal 20 % Unterschied).

Mit Bezug auf die Blockfläche sind die Ergebnisse ähnlich: Ungefähr die Hälfte der Fläche (12.861 ha bzw. 49 %) liegt in Baublöcken mit identischer Versiegelungsklasse, während 84 % bzw. 95 % der Baublockfläche in Blöcken liegt, deren Bewertung sich um maximal eine bzw. zwei Versiegelungsklassen unterscheidet.

Es besteht insgesamt also eine hohe Übereinstimmung der beiden Kartierungen.

## 1.6 Bewertung der KI-gestützten Versiegelungskartierung

Die Qualität der Ergebnisse der teilautomatisierten Versiegelungskartierungen ist, bei gleichem Ausgangsmaterial und gleicher Raumbezugsebene (Baublöcke), trotz punktueller Abweichungen grundsätzlich vergleichbar mit den Kartierungen, die manuell erstellt wurden. Zusätzlich bieten KI-gestützte Kartierungen den Vorteil einer wesentlich höheren Auflösung, wodurch Darstellungen auch in kleinräumigen Bezugsebenen möglich sind.

Die Vorteile der Anwendung von KI-gestützten Methoden in der Versiegelungskartierung sind im Einzelnen folgende:

- **Effizientere Kartierungen**  
Mit der automatisierten Ableitung der Versiegelungswerte reduziert sich der Aufwand für die Erstellung einer neuen Versiegelungskartierung erheblich – bei vergleichbarem Ergebnis. Insgesamt können für eine Kartierung des kompletten Stadtgebietes mehrere Wochen Arbeitszeit eingespart werden.
- **Aktuellere Daten**  
Aufgrund des geringeren Arbeitsaufwandes können zukünftig Versiegelungsauswertungen mit Luftbildern jeder Befliegung erstellt werden, d.h. voraussichtlich alle zwei Jahre, statt wie bisher ca. alle vier Jahre. Als Kartierungsgrundlage ist in zweijährigem Wechsel ein Winter- oder Sommerluftbild vorgesehen.
- **Kleinräumigere Kartierungen und höhere Genauigkeit**  
Die manuellen Versiegelungskartierungen bezogen sich auf die circa 10.000 Baublöcke, die sehr unterschiedlich groß sind (zwischen ca. 10 Quadratmetern und 200 Hektar; im Median ca. 1,2 Hektar) und auch räumlichen Veränderungen unterliegen. Es flossen auch Schätzwerte in die Ergebnisse ein, da eine kleinräumige Analyse der Bodenoberflächen nicht mit vertretbarem Aufwand möglich war. Für die Straßen- und Schienenverkehrsflächen wurden Durchschnittswerte verwendet. Die automatisierte Versiegelungskartierung kann mit hoher Auflösung durchgeführt werden, wodurch eine sehr differenzierte Betrachtung und Darstellung von Versiegelungswerten auf der gesamten Stadtfläche möglich ist.
- **Unterschiedliche Raumbezugsebenen**  
Die Ergebnisse der automatisierten Versiegelungskartierungen können, da sie im Rasterformat vorliegen, auf jede beliebige Raumbezugsebene übertragen werden, zum Beispiel auf die Baublöcke oder Flurstücke. So können für unterschiedliche Anforderungen Karten erstellt werden, die bessere Auswertungsmöglichkeiten bieten als die bisherige Versiegelungskartierung auf Baublockbasis.
- **Gemeinsame Auswertung mehrere Jahrgänge**  
Es ist möglich, sofern die Datengrundlagen in geeigneter Qualität vorliegen, auch rückwirkend mehrere Jahrgänge mit der gleichen Methodik auszuwerten, um eine Zeitreihe von vergleichbaren Versiegelungsdaten zu erhalten, die im Sinne eines Monitorings verwendet werden können.
- **Ableitung von weiteren differenzierten Versiegelungswerten**  
Mit dem Vorliegen kleinräumiger Versiegelungswerte für das gesamte Stadtgebiet sind Ableitungen von Indizes möglich, die für fachliche Beurteilungen verwendet werden können, zum Beispiel eine Berechnung der durchschnittlichen Höhe der versiegelten Flächen pro Flächeneinheit (3D-Versiegelungseffizienz).

## **Fazit und Ausblick**

Die angewendeten Verfahren der KI-gestützten Versiegelungserkennung erbringen trotz einzelner Schwachstellen sehr gute Ergebnisse. Sie sind im gesamtstädtischen Maßstab gleichwertig und in Bezug auf die Auflösung qualitativ erheblich besser als die bisherigen manuellen Versiegelungskartierungen

Mit der KI-gestützten Versiegelungskartierung auf Basis des Sommerluftbildes 2023 konnte mit sehr effizientem Ressourceneinsatz eine hinreichend genaue Bewertung der Oberflächen hinsichtlich ihrer Versiegelungseigenschaften erfolgen.

Im Themenfeld von KI-Anwendungen findet momentan eine rasante Entwicklung statt. Ein weiterer Ausbau der KI-Tools der Landeshauptstadt München zur Ableitung von Datenprodukten aus Luftbildern ist zu erwarten, so dass voraussichtlich die Versiegelungsdaten der Landeshauptstadt München zukünftig weiter verbessert werden können. Für das Winterluftbild 2025 kann eine KI-unterstützte Versiegelungskartierung in Aussicht gestellt werden, in der auch versiegelte Flächen im Vegetationsbereich gut erkannt werden können.

## **1.7 Entbürokratisierung**

Im StR-Antrag Nr. 20-26 / A 05515 von CSU mit FREIE WÄHLER vom 21.03.2025 wurde eine Aktuelle Stunde gemäß §70 Geschäftsordnung zum Thema Bürokratieabbau gefordert; diese fand am 26.03.2025 statt.

Hierin wurde durch Herrn Oberbürgermeister Dieter Reiter angekündigt, die Anzahl wiederkehrender Bekanntgaben deutlich zu reduzieren.

Die Berichte zu den Versiegelungskartierungen wurden bisher in regelmäßigem Turnus dem Stadtrat vorgelegt. Diese Berichte sind zwar für ein Fachpublikum interessant, jedoch lässt sich diese Zielgruppe über eine Veröffentlichung der Versiegelungsdaten in den entsprechenden Kartenportalen mit ihren vielfältigen Darstellungsmöglichkeiten sogar besser erreichen. Dort können viele Geoinformationen gebündelt angeboten werden und die Inhalte sind leichter auffindbar als Stadtratsbekanntgaben.

Vor dem Hintergrund der derzeit sehr angespannten Haushaltslage, die zu personellen und finanziellen Engpässen führt, erscheint eine Reduzierung des Arbeitsaufwandes, die durch automatisierte Verfahren mit direkter Veröffentlichung der Ergebnisse ermöglicht wird, als sinnvoll. Darüber hinaus ist es Gebot der Stunde, mit neuen technischen Möglichkeiten Schritt zu halten

## **2. Entscheidungsvorschlag**

Mit der durch KI-gestützten automatisierten Fernerkundungs-Versiegelungserkennung ist im Kommunalreferat-GeodatenService die Erstellung von Versiegelungskartierungen mit hoher Qualität möglich, wobei erhebliche Ressourceneinsparungen beim RKU erreicht werden. Zukünftige Weiterentwicklungen lassen die Verbesserung der so erzeugten Datenprodukte erwarten.

Deshalb schlägt das Referat für Klima- und Umweltschutz vor, zukünftige Versiegelungskartierungen für jede Luftbildbefliegung mittels KI-Methodik der Luftbildstelle in möglichst vergleichbarer Qualität zu erstellen. Die fachliche Zuständigkeit für das Thema Versiegelungskartierung verbleibt im RKU. Die Zentrale Luftbildstelle im Kommunalreferat-GeodatenService unterstützt das RKU mit der Erstellung und Bereitstellung von Datengrundlagen und KI-gestützten Kartengrundlagen in vergleichbarer Qualität.

### **3. Klimaprüfung**

Ist Klimaschutzrelevanz gegeben: Nein

Ob ein zusätzlicher Energieaufwand für die KI-gestützte Erstellung der Versiegelungskartierung entsteht, kann zwar nicht valide abgeschätzt werden, dieser dürfte jedoch in keiner nennenswerten Größenordnung i. S. d. Klimaschutzprüfung liegen.

### **4. Abstimmung mit den Querschnitts- und Fachreferaten**

Die Vorlage ist mit dem Kommunalreferat und dem Referat für Stadtplanung und Bauordnung abgestimmt.

### **Anhörung des Bezirksausschusses**

In dieser Beratungsangelegenheit ist die Anhörung des Bezirksausschusses nicht vorgesehen (vgl. Anlage 1 der BA-Satzung).

Der Korreferent des Referates für Klima- und Umweltschutz, Herr Stadtrat Sebastian Schall, die Verwaltungsbeirätin, Frau Stadträtin Mona Fuchs, das Kommunalreferat und das Referat für Stadtplanung und Bauordnung haben einen Abdruck der Beschlussvorlage erhalten.

## **II. Antrag der Referentin**

1. Das Kommunalreferat wird beauftragt, aus Luftbildern die erforderlichen Daten- und Kartengrundlagen für die Versiegelungskartierung zu erstellen und diese zur weiteren Verwendung bereitzustellen.
2. Die grundsätzliche fachliche Zuständigkeit für das Thema Versiegelungskartierung verbleibt beim Referat für Klima- und Umweltschutz.
3. Die turnusmäßigen Bekanntgaben zur Präsentation der Daten werden nicht mehr erstellt.
4. Der Auftrag aus dem Beschluss Nr. 20-26 / V 04466 „Freiraumsicherung in der Stadtentwicklung – Flächeninanspruchnahme steuern, Versiegelung minimieren“, Antragspunkt 5 ist damit erledigt.
5. Der Beschluss unterliegt nicht der Beschlussvollzugskontrolle.

**Beschluss**

nach Antrag.

Die endgültige Beschlussfassung über den Beratungsgegenstand obliegt der Vollversammlung des Stadtrates.

Der Stadtrat der Landeshauptstadt München

Der Vorsitzende

Die Referentin

Dominik Krause  
Bürgermeister

Christine Kugler  
Berufsmäßige Stadträtin

**III. Abdruck von I. mit III.**

über Stadtratsprotokolle (D-II/V-SP)

**an das Direktorium – Dokumentationsstelle**

**an das Revisionsamt**

**an das Referat für Klima- und Umweltschutz, Beschlusswesen (RKU-GL4)**

z. K.

**IV. Wv. Referat für Klima- und Umweltschutz**

1. Die Übereinstimmung des vorstehenden Abdrucks mit der beglaubigten Zweitschrift wird bestätigt.
2. Zur weiteren Veranlassung (Archivierung, Hinweis-Mail)  
z. K.

Am.....