Wie hoch sind die Versiegelungsgrade in Berlin wirklich?
- Ein Methodenvergleich

Diplomarbeit von Leilah Haag

Technische Universität Berlin
Fakultät VI
Institut für Landschaftsarchitektur und Umweltplanung
Fachgebiet Landschaftsplanung, insbesondere
Landschaftspflege und Naturschutz

VORWORT

Im Rahmen eines studienbegleitenden Praktikums in der Gruppe III F, Informationssystem Stadt und Umwelt, der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung in Berlin, wurde mein Interesse für die Erzeugung von thematischen Karten mit Hilfe von Geoinformationssystemen geweckt. Im Hinblick auf die geplante Gesamtaktualisierung der Versiegelungskarte (01.02) des Digitalen Umweltatlas Berlin, wurde ich dort auf die im Vorfeld nötigen Untersuchungen zu Vor- und Nachteilen der bestehenden Erhebungsmethoden der Versiegelung in Berlin aufmerksam gemacht. Die im Rahmen meiner Diplomarbeit herausgearbeiteten Ergebnisse zur Eignung der verschiedenen Methoden, sollen die Entwicklung einer neuen hybriden Erhebungsmethode vorbereiten.

Auf dem Weg zum Abschluss der Diplomarbeit haben mich verschiedene Personen begleitet. Mein besonderer Dank gilt meinen beiden Betreuern Prof. Dr. Hartmut Kenneweg und Prof. Dr. Birgit Kleinschmit, die mir mit hilfreichen Ratschlägen und Tipps zur Seite standen und zum Gelingen der Arbeit beitrugen. Zudem möchte ich mich ganz herzlich bei den Mitarbeitern der Gruppe III F der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, im Besonderen Herrn Goedecke und Herrn Schneider, für die Aufgabenstellung und Bereitstellung der thematischen Informationen und zu vergleichenden Datenbestände sowie Herrn Breithaupt, Frau Wosnitzka und Herrn Machate für die Hilfe bei der Datenverarbeitung bedanken. Des Weiteren gilt mein Dank Frau Ziemann von der Arbeitsförderungsgesellschaft im Industriestandort Berlin-Marzahn mbH und Herrn Roesrath von der TU-Berlin, die meine Fragen zu den von ihnen erarbeiteten Datenbeständen gerne und ausführlich beantwortet haben.

Abschließend möchte ich an dieser Stelle die Gelegenheit nutzen, mich bei meiner Familie zu bedanken, die mich während meines Studiums immer unterstützt hat.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Bodenversiegelung hat in den letzten Jahren vor allem im städtischen Raum immer mehr Beachtung bekommen. Das Abdichten der Bodenoberfläche durch Gebäude, Straßen und Wege hat, durch die Beeinflussung des Wasserhaushaltes, des lokalen Klimas sowie der Pflanzen und Lebewesen, negative Auswirkungen auf das Schutzgut Boden. Die Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung besagt, dass bis 2020 der Flächenverbrauch von derzeit 93 ha auf zukünftig 30 ha pro Tag zu reduzieren ist. Die Versiegelungszahlen gehen jedoch nur langsam und eher unabsichtlich zurück.

Die Kenntnis über die aktuelle Bodenversiegelung ist für Planungsinstanzen größerer Kommunen zur Ausweisung von Entsiegelungspotentialen, Fortführung von Flächennutzungs- und Bauleitplänen aber auch für die Abwasserwirtschaft im Rahmen von Abwassergebührenverordnungen unverzichtbar geworden.

Vor diesem Hintergrund ist das Ziel dieser Untersuchung, bestehende Erhebungsmethoden miteinander zu vergleichen und zu diskutieren, um daraus einen Vorschlag für ein neues hybrides Verfahren zu entwickeln. Der Vergleich in Berlin bietet sich an, da es im Untersuchungsgebiet fünf Datenbestände verschiedener Erhebungsmethoden gibt, die einen ähnlichen Bearbeitungsstand (2000/2001) aufweisen. Außerdem umfasst Berlin aufgrund seiner Entstehungsgeschichte und großflächigen Ausdehnung viele verschiedene Stadtstrukturtypen sowie Wald- und Landwirtschaftsflächen. Bei den Erhebungsmethoden handelt es sich um die Versiegelungsdaten

- des Digitalen Umweltatlas Berlin,
- einer Satellitenbildauswertung durch die TU-Berlin,
- der Berliner Wasserbetriebe,
- aus der Automatisierten Liegenschaftskarte (ALK) und
- einer terrestrischen Kartierung in Marzahn durch die Arbeitsförderungsgesellschaft im Industriestandort Berlin-Marzahn mbH.

Im Verlauf dieser Untersuchung werden die Datenbestände miteinander verglichen und die Eignung der fünf verschiedenen Methoden für zukünftige Verfahren bewertet. Hierbei wird jeweils eine Eignung für die verschiedenen Versiegelungskategorien, Gesamtversiegelung, bebaut versiegelte Fläche und unbebaut versiegelte Fläche, sowie für die einzelnen Nutzungs- und Stadtstrukturtypen angegeben.

Als Ergebnis der Arbeit wird ein Vorschlag für die zukünftige Aufnahme der Versiegelung in Berlin erbracht, der z.T. auch auf andere Städte übertragbar sein soll. In Berlin ist eine Kombination von Satellitendaten für die unbebaut versiegelte Fläche und den Daten der ALK für die bebaut versiegelte Fläche sinnvoll, da diese Daten aktuell verfügbar, im Vergleich weniger zeit- und kostenintensiv und voraussichtlich auch in fünf bis zehn Jahren erneuerbar sind. Luftbilder und die auf Teilblockebene vorliegende Nutzungsdatei sowie die Ergebnisse der anderen Erhebungsmethoden, können zur Verifizierung dienen.

INHALTSVERZEICHNIS

VORWORT ..... **II**

ZUSAMMENFASSUNG ..... **III**

INHALTSVERZEICHNIS ..... **IV**

ABBILDUNGSVERZEICHNIS ..... **VII**

TABELLENVERZEICHNIS ..... **VIII**

KARTENVERZEICHNIS ..... **X**

1 EINLEITUNG **1**

2 HINTERGRUND **3**

2.1 Definition der Bodenversiegelung 3

2.2 Definition der Bodenentsiegelung 3

2.3 Versiegelung und Ökosystem 3

2.4 Trend zur Entsiegelung 4

2.5 Kenngrößen der Versiegelung 5

2.6 Wer benötigt Versiegelungsdaten? 7

3 ERHEBUNGSMETHODEN VON VERSIEGELUNGSDATEN **8**

3.1 Blockstruktur des Informationssystems Stadt und Umwelt 8

3.2 Versiegelungsdaten des Digitalen Umweltatlas Berlin 9

3.2.1 Definition Versiegelung 9

3.2.2 Aufnahmedatum 10

3.2.3 Datengrundlage 10

3.2.4 Datenauswertung 11

3.2.5 Besonderheiten und Einschränkungen 13

3.2.6 Flächendeckung 13

3.2.7 Beispiele des Datenbestandes 14

3.3 Versiegelungsdaten der Satellitenbildauswertung 14

3.3.1 Definition Versiegelung 15

3.3.2 Aufnahmedatum 15

3.3.3 Datengrundlage 15

3.3.4 Datenauswertung 16

3.3.5 Besonderheiten und Einschränkungen 18

3.3.6 Flächendeckung 19
3.3.7 Beispiele des Datenbestandes 19
3.4 Versiegelungsdaten der Berliner Wasserbetriebe 20
3.4.1 Definition Versiegelung 20
3.4.2 Aufnahmedatum 20
3.4.3 Datengrundlage 20
3.4.4 Datenauswertung 20
3.4.5 Besonderheiten und Einschränkungen 22
3.4.6 Flächendeckung 22
3.4.7 Beispiele des Datenbestandes 23
3.5 Versiegelungsdaten aus der Automatisierten Liegenschaftskarte 23
3.5.1 Definition Versiegelung 23
3.5.2 Aufnahmedatum 23
3.5.3 Datengrundlage 24
3.5.4 Datenauswertung 24
3.5.5 Besonderheiten und Einschränkungen 24
3.5.6 Flächendeckung 24
3.5.7 Beispiele des Datenbestandes 25
3.6 Versiegelungsdaten der terrestrischen Kartierung Marzahn 25
3.6.1 Definition Versiegelung 26
3.6.2 Aufnahmedatum 26
3.6.3 Datengrundlage 26
3.6.4 Datenauswertung 27
3.6.5 Besonderheiten und Einschränkungen 27
3.6.6 Flächendeckung 27
3.6.7 Beispiele des Datenbestandes 28
3.7 Tabellarische Übersicht der bestehenden Versiegelungserhebungsmethoden 29
4 DISKUSSION DER ERHEBUNGSMETHODEN 30
5 VERGLEICH DER BESTEHENDEN VERSIEGELUNGSDATEN 36
5.1 Reduzierung der Datenbestände auf die zum Vergleich geeigneten Daten 42
5.1.1 Versiegelungsdaten des Digitalen Umweltatlas Berlin 42
5.1.2 Versiegelungsdaten der Satellitenbildauswertung 42

5.1.3 Versiegelungsdaten der Berliner Wasserbetriebe 42
5.1.4 Versiegelungsdaten aus der Automatisierten Liegenschaftskarte 43
5.1.5 Versiegelungsdaten der terrestrischen Kartierung Marzahn 43
5.2 Allgemeine Informationen und Gesamtvergleiche 43
5.3 Mittlere Differenz zweier Datenbestände 50
5.3.1 Mittlere Differenz 50
5.3.2 Mittlere Differenz im Verhältnis 54
5.4 Versiegelungswerte im Verhältnis pro Blockfläche 58
5.5 Weiterführende Vergleiche mit den ALK-Daten 61
5.6 Flächengrößenbezogener Vergleich 65
5.7 Nutzungsspezifischer Vergleich 72
5.8 Stadtstrukturtypenvergleich 84
5.9 Ausgewählte Einzelblockvergleiche 96
5.9.1 Einzelblock 1, Hinterhof 96
5.9.2 Einzelblock 2, Ein- und Mehrfamilienhausgebiet mit Gartengrundstücken 98
5.9.3 Einzelvergleich 3, Gewerbegebiet 99
6 DISKUSSION DES DATENVERGLEICHS 100
7 EIGNUNG DER METHODEN ZUR ERHEBUNG DER VERSIEGELUNG 103
8 DISKUSSION UND AUSBLICK 105
QUELLENVERZEICHNIS XII
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS XVII
KARTEN XVIII
ANHANG XX

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 3.1 Flächendeckung der Daten des Digitalen Umweltatlas Berlin
Abb. 3.2 Flächendeckung der Satellitendaten
Abb. 3.3 Beispielgrundstück auf einem BWB-Fragebogen
Abb. 3.4 Flächendeckung der BWB-Daten
Abb. 3.5 Flächendeckung der ALK-Daten
Abb. 3.6 Flächendeckung der Terrestrischen Kartierung Marzahn
Abb. 5.1 Übersicht der durchschnittlichen Differenz der absoluten Versiegelungswerte der Gesamtdatenbestände
Abb. 5.2 Übersicht der durchschnittlichen Differenz der Versiegelungsgrade in Prozent der Gesamtdatenbestände
Abb. 5.3 Bebaut versiegelte Fläche der ALK-Daten > Gesamtversiegelung der Umweltatlasdaten
Abb. 5.4 Bebaut versiegelte Fläche der ALK-Daten > Gesamtversiegelung der Satellitendaten
Abb. 5.5 Bebaut versiegelte Fläche der ALK-Daten > Gesamtversiegelung der BWB-Daten
Abb. 5.6 Bebaut versiegelte Fläche der ALK-Daten > Gesamtversiegelung der terrestrischen Daten
Abb. 5.7 Übersicht der Anzahl der Datensätze pro Blockflächenklasse
Abb. 5.8 Übersicht der durchschnittlichen Differenz der absoluten Versiegelungswerte der Gesamtversiegelung in Abhängigkeit der Flächengrößenklassen von jeweils 5.000 m² im Vergleich zur durchschnittlichen Differenz des Gesamtdatenbestandes
Abb. 5.9 Übersicht der durchschnittlichen Differenz der absoluten Versiegelungswerte der bebaut versiegelten Fläche in Abhängigkeit der Flächengrößenklassen von jeweils 5.000 m² im Vergleich zur durchschnittlichen Differenz des Gesamtdatenbestandes
Abb. 5.10 Nutzungsspezifischer Vergleich, Wohngebiet (10)
Abb. 5.11 Nutzungsspezifischer Vergleich, Park, Grünfläche (130)
Abb. 5.12 Nutzungsspezifischer Vergleich, Friedhof (150)
Abb. 5.13 Nutzungsspezifischer Vergleich, Kleingarten (160-162)
Abb. 5.14 Nutzungsspezifischer Vergleich, Brachfläche (171-174)
Abb. 5.15 Nutzungsspezifischer Vergleich, Sportplatz (190)
Abb. 5.16 Nutzungsspezifischer Vergleich, Mischgebiet (21-23)
Abb. 5.17 Nutzungsspezifischer Vergleich, Kerngebiet (30)
Abb. 5.18 Nutzungsspezifischer Vergleich, Gewerbe- und Industriegebiet (40)
Abb. 5.19 Nutzungsspezifischer Vergleich, Gemeinbedarfs- und Sondernutzung (50)
Abb. 5.20 Nutzungsspezifischer Vergleich, Verkehrsfläche (80)
Abb. 5.21 Stadtstrukturtypenvergleich, Geschlossene Blockbebauung der Gründerzeit mit Seitenflügeln und Hinterhäusern (A)
Abb. 5.22 Stadtstrukturtypenvergleich, Geschlossene Blockrandbebauung der Gründerzeit mit geringem Anteil an Seiten- und Hintergebäuden (B)
Abb. 5.23 Stadtstrukturtypenvergleich, Geschlossene Blockrandbebauung der Gründerzeit mit massiven Veränderungen (C)

Abb. 5.24 Stadtstrukturtypenvergleich, Geschlossene bis offene Blockrand- und Zeilenbebauung der 20er und 30er Jahre (D)
Abb. 5.25 Stadtstrukturtypenvergleich, Offene Zeilenbebauung der 50er bis 70er Jahre (E)
Abb. 5.26 Stadtstrukturtypenvergleich, Offene, hohe Bebauung der Nachkriegszeit (F)
Abb. 5.27 Stadtstrukturtypenvergleich, Offene, niedrige Bebauung mit Hausgärten (H)
Abb. 5.28 Stadtstrukturtypenvergleich, Offene Villenbebauung mit parkartigen Gärten (I)
Abb. 5.29 Stadtstrukturtypenvergleich, Offene Bebauung mit Gärten und halbprivater Umgrünung (J)
Abb. 5.30 Stadtstrukturtypenvergleich, Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Handel / Dienstleistung (L)
Abb. 5.31 Stadtstrukturtypenvergleich, Geringe Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Gewerbe / Industrie (M)
Abb. 5.32 Stadtstrukturtypenvergleich, Dichte Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Gewerbe / Industrie (N)
Abb. 5.33 Stadtstrukturtypenvergleich, Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Gemeinbedarf und Sondernutzung (O)
Abb. 5.34 Stadtstrukturtypenvergleich, Nicht oder gering bebaute Grün- und Freiflächen (P)
Abb. 5.35 Stadtstrukturtypenvergleich, Nicht oder gering bebaute Verkehrsflächen ohne Straßenland (Q)
Abb. 5.36 Lage der Einzelblöcke zum Vergleich
Abb. 5.37 Luftbild des Einzelblocks 1
Abb. 5.38 Luftbild des Einzelblocks 2
Abb. 5.39 Luftbild des Einzelblocks 3

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 3.1 Drei zufällig gewählte Beispiele des 16stelligen Schlüssels der Blockstruktur der ISU 5
Tab. 3.2 Übersicht der Belagsklassen im Digitalen Umweltatlas Berlin
Tab. 3.3: Übersicht über die wichtigsten Eigenschaften des Landsat TM 5-Sensors
Tab. 3.4 Zuordnung von pauschalen Versiegelungsgraden zu bestimmten Nutzungen
Tab. 3.5 Beispieldatensätze der Versiegelungsdaten des Digitalen Umweltatlas Berlin
Tab. 3.6 Übersicht über die wichtigsten Eigenschaften des Landsat TM 7-Sensors
Tab. 3.7 Übersicht über die wichtigsten Eigenschaften des SPOT 4-Sensors
Tab. 3.8 Beispieldatensätze der Satellitendaten
Tab. 3.9 Beispieldatensätze der BWB-Daten
Tab. 3.10 Beispieldatensätze der ALK-Daten
Tab. 3.11 Erfassungszeiträume der terrestrischen Versiegelungsdaten je statistischem Gebiet
Tab. 3.12 Beispieldatensätze der Terrestrischen Daten von Marzahn
Tab. 3.13 Übersicht der bestehenden Erhebungsmethoden
Tab. 4.1 Auswahl von Erhebungsmethoden

Tab. 5.1 Bewertung der Differenz der Versiegelungsdaten
Tab. 5.2 Übersicht der potenziellen Vergleiche
Tab. 5.3 Informationen pro Datenbestand ohne gemeinsame Bezugsfläche
Tab. 5.4a Gesamtvergleich, Gesamtversiegelung, mit den terrestrischen Daten
Tab. 5.4b Gesamtvergleich, Gesamtversiegelung, ohne die terrestrischen Daten
Tab. 5.5a Gesamtvergleich, bebaut versiegelte Fläche, mit den terrestrischen Daten
Tab. 5.5b Gesamtvergleich, bebaut versiegelte Fläche, ohne die terrestrischen Daten
Tab. 5.6a Gesamtvergleich, unbebaut versiegelte Fläche, mit den terrestrischen Daten
Tab. 5.6b Gesamtvergleich, unbebaut versiegelte Fläche, ohne die terrestrischen Daten
Tab. 5.7 Mittlere Differenz der absoluten Versiegelungsdaten in m² und %
Tab. 5.8 Mittlere Differenz der Versiegelungsgrade in %
Tab. 5.9 Mittlere Differenz der absoluten Versiegelungswerte zweier Datenbestände im Verhältnis zueinander in %
Tab. 5.10 Mittlere Differenz der Versiegelungsgrade zweier Datenbestände im Verhältnis zueinander in %
Tab. 5.11 Flächengrößenbezogener Vergleich der Umweltatlasdaten und der ALK-Daten
Tab. 5.12 Flächengrößenbezogener Vergleich der Umweltatlasdaten und der Satelliten-daten
Tab. 5.13 Flächengrößenbezogener Vergleich der Umweltatlasdaten und der BWB-Daten
Tab. 5.14 Flächengrößenbezogener Vergleich der BWB-Daten und der Satellitendaten
Tab. 5.15 Flächengrößenbezogener Vergleich der BWB-Daten und der ALK-Daten
Tab. 5.16 Bauliche Nutzung (WOZ)
Tab. 5.17 Grünnutzung (GRZ)
Tab. 5.18 Flächentypen (TYP)
Tab. 5.19 Stadtstrukturtypen
Tab. 5.20 Versiegelungsbewertung des Einzelblocks 1
Tab. 5.21 Versiegelungsbewertung des Einzelblocks 2
Tab. 5.22 Versiegelungsbewertung des Einzelblocks 3
Tab. 7.1 Eignungstabelle der Methoden zur Erhebung der Versiegelung

KARTENVERZEICHNIS

Karte 1 Gesamtversiegelung der Umweltatlasdaten

Karte 2 Gesamtversiegelung der Satellitendaten

Karte 3 Gesamtversiegelung der BWB-Daten

Karte 4 Versiegelung der bebaut versiegelten Fläche der ALK-Daten

Karte 5 Gesamtversiegelung der terrestrischen Daten

Karte 6 Übersicht der Differenzen der Versiegelungswerte zwischen den Umweltatlasdaten und den Satellitendaten im Verhältnis

Karte 7 Übersicht der Differenzen der Versiegelungswerte zwischen den Umweltatlasdaten und den ALK-Daten im Verhältnis

Karte 8 Übersicht der Differenzen der Versiegelungswerte zwischen den Umweltatlasdaten und den BWB-Daten der Gesamtversiegelung im Verhältnis

Karte 9 Übersicht der Differenzen der Versiegelungswerte zwischen den Umweltatlasdaten und den BWB-Daten der bebaut versiegelten Fläche im Verhältnis

1 EINLEITUNG

Obwohl die Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung besagt, dass bis 2020 der Flächenverbrauch von derzeit 93 ha auf zukünftig 30 ha pro Tag zu reduzieren ist, gehen die Versiegelungszahlen nur langsam und eher unabsichtlich zurück. Dennoch findet die Bodenversiegelung zunehmend vor allem im städtischen Raum Beachtung. Die Kartierung ist für Planungsinstanzen größerer Kommunen zur Fortführung von Flächennutzungs- und Bauleitplänen, aber auch für die Abwasserwirtschaft im Rahmen von Abwassergebührenverordnungen unverzichtbar geworden. Um geeignete Entsiegelungsmaßnahmen vorzuschlagen oder einleiten zu können, ist die Kenntnis der möglichst grundstücksbezogenen Versiegelung nötig (vgl. Kapitel 2).

Vor diesem Hintergrund sollen in der vorliegenden Untersuchung die verschiedenen in Berlin bestehenden Erhebungsmethoden miteinander verglichen und diskutiert werden. In Berlin gibt es derzeit fünf verschiedene Versiegelungserfassungen, die alle den Bearbeitungsstand 2000 und 2001 haben und z.T. über mehrere Jahre entstanden sind. Konkret handelt es sich dabei um die Versiegelungsdaten

- des Digitalen Umweltatlas Berlin,
- einer Satellitenbildauswertung durch die TU-Berlin,
- der Berliner Wasserbetriebe,
- aus der Automatisierten Liegenschaftskarte (ALK) und
- einer terrestrischen Kartierung in Marzahn durch die Arbeitsförderungsgesellschaft im Industriestandort Berlin-Marzahn mbH.

Der Vergleich der Erhebungsmethode einerseits und der Vergleich der Versiegelungsdaten andererseits, bietet die Möglichkeit Übereinstimmungen und Unterschiede der Datenbestände festzustellen und diese zu beurteilen. Der Vergleich gibt jedoch nur eine Näherung und nicht die Realität selbst an. Diese lässt sich durch nahezu gleiche Versiegelungswerte der verschiedenen Erhebungsmethoden eingrenzen, jedoch nicht exakt ermitteln. Die im Titel gestellte Frage „Wie hoch sind die Versiegelungsgrade in Berlin wirklich?“ ist derzeit aufgrund der Nichterfassung des Straßenlandes mit den bisherigen Erhebungsergebnissen nur mit einem unvertretbar hohem Zusatzaufwand zu beantworten.

Ziel dieser Untersuchung ist es, nach den Vergleichen der Methoden und Daten die Eignung der fünf verschiedenen Methoden für zukünftige Verfahren zu bewerten und eine Kombination für eine neue hybride Erhebungsmethode vorzuschlagen. Die Wahl der Methode und die Kombination ist jedoch in jedem Fall von der Zielsetzung und der Verfügbarkeit der Daten abhängig. Von der weiteren Nutzung der Versiegelungsdaten hängt auch die Genauigkeit ab. Blockbezogene Versiegelungsbewertungen reichen für z.B. klimatische Bewertungen aus. Für den Vorschlag von Entsiegelungsmaßnahmen oder die Berechnung von Abwassergebühren sind jedoch möglichst grundstücksgenaue Versiegelungsdaten notwendig. Auch die Nachvollziehbarkeit und die Wiederholbarkeit einer Methode spielt, abhängig von der Ziel-

setzung, eine Rolle. Besonders für Fragestellungen mit Monitoringsfunktion sind diese Eigenschaften wichtig.

So soll diese Untersuchung einen Beitrag dazu leisten, die Versiegelungssituation in Berlin künftig genauer darzustellen, um weitere Bodenversiegelung zu vermeiden und vorhandene Entsiegelungspotenziale aufzuzeigen. Nur durch die Kenntnis des Status quo ist eine nachhaltige Siedlungsentwicklung möglich.

2 HINTERGRUND

Versiegelte Flächen nehmen in Deutschland einen Flächenanteil von ca. 13 %[1] (WESSOLEK 2001) und in Berlin von 34,7 %[2] ein. Der Berliner Bezirk Treptow-Köpenick ist mit 19 % der am geringsten versiegelte Bezirk, während Kreuzberg-Friedrichshain und Mitte mit 68 bzw. 61 % die höchsten Versiegelungsgrade aufweisen (SENSTADT 2004). Täglich werden in Deutschland 93 ha (2003) neu versiegelt (STATISTISCHES BUNDESAMT 2004). Diese Zahl hat sich in den letzten Jahren durch die wirtschaftliche Lage, den Rückgang von Straßenneubauten und die Versiegelungsvorschriften bei Neubauten verringert (2001: 117 ha/Tag).

2.1 Definition der Bodenversiegelung

Eine weit verbreitete Definition urbaner Bodenversiegelung, im Folgenden Versiegelung genannt, stammt von Berlekamp und Pranzas. Sie definieren sie als „anthropogene Isolierung der Pedosphäre von Atmo- und Hydrosphäre durch Ab- und Verdichtungen, Aufschüttungen und Auffüllungen“ (Berlekamp&Pranzas 1986 aus BERLEKAMP&PRANZAS 1990, 4). Es handelt sich also nur um die künstliche bzw. anthropogene Versiegelung, die in folgende Versiegelungsformen unterschieden werden kann:

- Vollversiegelung, z.B. durch Straßen, Plätze, Flughäfen und Gebäude,
- Teilversiegelung, z.B. durch Pflaster-, Rasensteine und Gehwegplatten und
- Unterflurversiegelung, z.B. durch Tiefgaragen, Straßen- und U-Bahntunnel sowie Friedhöfe mit dichter Belegung (Burghardt 1993 aus WESSOLEK 2001, 2).

2.2 Definition der Bodenentsiegelung

Die Bodenentsiegelung, im Folgenden Entsiegelung genannt, ist der Umkehrprozess zur Versiegelung. Sie beinhaltet den Rückbau von verdichteten Flächen. Entsiegelung kann durch vollständige Entsiegelung und eine anschließende Begrünung sowie Teilentsiegelung durch den Austausch der Bodenbedeckung mit durchlässigen Belägen erfolgen (SENSTADTUM 1993, 6).

2.3 Versiegelung und Ökosystem

Die Versiegelung hat große Auswirkungen auf das Ökosystem. Sie greift in den Wasserkreislauf ein. Der kapillare Aufstieg des Grundwassers und die Grundwasserneubildung werden verringert bzw. unterbrochen und der Oberflächenabfluss durch Abwasserkanalisation beschleunigt. Infolge dessen wird die Verdunstung verringert. Die Windgeschwindigkeit, die Luftfeuchte und der Luftaustausch werden vermindert, und die Lufttemperatur steigt an. Durch Versiegelung werden Biotopflächen als Lebensraum für Flora und Fauna zerstört.

[1] Das entspricht bei einer Gesamtfläche der BRD von 35,7 Mio. ha (BARATTA 2003) einer versiegelten Fläche von 4,64 Mio. ha.

[2] Das entspricht bei einer Gesamtfläche Berlins von 89.100 ha (BARATTA 2003) einer versiegelten Fläche von 30.918 ha.

Arten werden in ihrem Lebensraum eingeschränkt, abgeschnitten und verdrängt. Wärmeliebende Arten können jedoch begünstigt werden (WESSOLEK 2001, 2ff)[3]. Die Auswirkungen der Versiegelung sind vor allem in den Großstädten und Ballungsräumen, wo ein hoher Anteil der gesamten Fläche versiegelt ist, zu spüren.

2.4 Trend zur Entsiegelung

Seit 2002 ist das Ziel in der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung verankert, bis 2020 den Flächenverbrauch auf 30 ha pro Tag zu reduzieren. Dies soll durch flächensparendes Bauen, Verdichten der Städte, Bündelung von Infrastruktur, Bereitstellung von Ausgleichsflächen und Entsiegelung von nicht mehr genutzten Flächen (Flächenrecycling) bewirkt werden. Hierzu soll auch die Qualität des Wohnumfeldes in den Siedlungen gesteigert werden, damit die Bevölkerung die Stadt wieder als Alternative zum Haus im Grünen anerkennt (DIE BUNDESREGIERUNG 2005). Diese Forderungen sind besonders an die Länder und Kommunen im Rahmen der Raumordnungs- und Bauleitpläne gerichtet.

Ein Ansatz der gesetzlichen Verankerung zur Verpflichtung von Entsiegelungsmaßnahmen findet sich im §5 des Bundesbodenschutzgesetzes (BBodSchG) von 1998. Mit der Entsiegelungspflicht soll ein Ausgleich zum Flächenverbrauch geschaffen werden, indem nicht mehr genutzte Flächen entsiegelt und so für die natürlichen Bodenfunktionen nach § 2 Abs. 2 BBodSchG zurück gewonnen werden. Hierbei werden Kosten und Zumutbarkeit berücksichtigt (OERDER 1999, 90ff). Für unzumutbare Entsiegelungsmaßnahmen besagt § 2 Abs. 1 Nr. 11 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) von 2002, dass ungenutzte Flächen der natürlichen Entwicklung zu überlassen sind.

Auch auf privater Ebene werden Entsiegelungsmaßnahmen für Eigentümer interessanter. So gibt es z.B. seit dem 1. Januar 2000 in Berlin, entschieden durch das Bundesverwaltungsgericht und das Oberverwaltungsgericht Lüneburg[4], eine neue, getrennte Abrechnung des Niederschlagswasserentgeltes.

Die Kommunen, in denen der Anteil der Kosten für die Ableitung des Niederschlagswassers mehr als 15 % der Gesamtkosten der Abwasserentsorgung beträgt, müssen die Entgelte getrennt abrechnen. So ist das Niederschlagswasserentgelt nicht mehr direkt proportional an das Abwasserentgelt gekoppelt. Es wird gemäß dem Anteil der versiegelten Fläche auf dem Grundstück berechnet, die in die Kanalisation einleitet (BWB 1998). Seit Ende 1998 haben die Berliner Wasserbetriebe (BWB) mit der Erfassung dieser Flächen begonnen. Anschließend wurden diese Unterlagen den jeweiligen Grundstückseigentümern zur Prüfung zugesandt.

Seit Januar 2000 sind die Eigentümer deshalb darauf bedacht, versiegele Flächen auf ihrem Grundstück zu reduzieren, um in die Kanalisation einleitende Fläche und damit Abwasser-

---

[3] Vgl. hierzu auch GISEKE et al. 1988, BUNZEL 1992, 49ff; SENSTADTUM 1993, 9ff.

[4] vgl. BVerwG, Urt. v. 12.06.1972 (VII B 117/70) = DÖV 1972, 722f; BVerwG, Beschl. v. 25.03.1985 (8 B 11/84) = KStZ 1985, 129f; OVG Lüneburg, Urt. v. 14.06.1968 (III OVG A 168/64) = KStZ 1969, 42f; OVG Lüneburg, Urt. v. 10.04.1980 (3 A 258/75) = KStZ 1980, 190f

kosten zu sparen. Seit Inkrafttreten der neuen Niederschlagsfreistellungsverordnung[5] von August 2001 ist es möglich, erlaubnisfrei durch Maßnahmen zur Entlastung der Regenwasserkanalisation durch die Regenwasserversickerung auf dem eigenen Grundstück eine anteilige oder vollständige Befreiung des Niederschlagswasserentgeltes zu erreichen (SENSTADTW 2001).

2.5 Kenngrößen der Versiegelung

Um Entsiegelungsmaßnahmen vorzuschlagen oder einzuleiten, ist die Kenntnis der grundstücksbezogenen Bodenversiegelung notwendig. Berlekamp und Pranzas (1992) schlagen eine maßstabsabhängige Definition der Bodenversiegelung vor. In kleinmaßstäbigen Untersuchungen reicht es aus, die Versiegelung in Flächenanteilen in Prozent anzugeben. In großmaßstäbigen Untersuchungen können darüber hinaus noch weitere Informationen z.B. zu Oberflächenmaterial und zur Nutzung gegeben werden (NETZBAND 1998, 8). Hierzu wurden nach ökologischen Zusammenhängen differenzierte Kenngrößen entwickelt. Die Reihenfolge der folgenden Kenngrößen entspricht der Steigerung des nötigen Erhebungsaufwandes (NETZBAND 1998, 9).

Versiegelungsgrad

Der Versiegelungsgrad (VG) gibt den prozentualen Anteil der versiegelten Fläche einer Gesamtfläche an. Zwischen bebaut versiegelt und versiegelter Freifläche sowie zwischen den Belagsarten wird nicht differenziert (Berlekamp&Pranzas 1992, aus NETZBAND 1998, 8). Er ist zwischen 0 % und 100 % definiert und gibt ausschließlich quantitative Aussagen (ARLT et al. 2001, 42f). Für ökologisch weiterführende Bewertungen ist er nicht geeignet (HEBER&LEHMANN 1996, 57). Da der VG flächendeckend in relativ kurzer Zeit z.B. mit Fernerkundungsmethoden erhoben und aktualisiert werden kann, ist er besonders für große Untersuchungsräume z.B. für stadtplanerische Belange geeignet (NETZBAND 1998, 9).

Modifizierter Versiegelungsgrad

Um die eingeschränkte Funktion für den Naturhaushalt von teilversiegelten Flächen zu berücksichtigen, kann ein modifizierter Versiegelungsgrad (mod. VG) genutzt werden. Teilversiegelte Flächen werden dabei mit einem Faktor von z.B. 0,4 für Pflastersteine multipliziert. Die Summe dieser gewichteten teilversiegelten und der vollversiegelten Flächen wird dann prozentual zur Gesamtfläche ausgedrückt.

Bodenfunktionszahl

Neben dem Anteil der versiegelten Fläche an der Gesamtfläche, werden in die Bodenfunktionszahl (BFZ) das Versickerungsverhalten und die klimatische Wirkung von Dachbegrünung und Wasserflächen miteinberechnet. Ziel ist es, diese Bodenfunktion planerisch zu sichern (POHL 1991, 3).

---

[5] Verordnung über die Erlaubnisfreiheit für das schadlose Versickern von Niederschlagswasser (Niederschlagswasserfreistellungsverordnung – NWFreiV) vom 24. August 2001.

Biotopflächenfaktor

Der Biotopflächenfaktor (BFF) errechnet sich aus dem Verhältnis der Biotopfläche zur Grundstücksfläche. Dabei umfasst die Biotopfläche alle Flächen, die eine Lebensraumfunktion für Flora und Fauna, eine Wasserhaushaltsfunktion oder eine Funktion für Klima oder Boden haben. Die Flächen werden durch folgende Kriterien bewertet:

- dauerhaft begrünt mit Anschluss an gewachsenen Boden,
- dauerhaft begrünt ohne Anschluss an gewachsenen Boden,
- befestigte und halboffene Flächen sowie
- versiegelte Flächen (Boettcher&Fisch 1988, aus NETZBAND 1998, 8).

Es handelt sich um einen quantitativen Wert, bei dem qualitative Aspekte über die jeweilige Flächenwertigkeit Berücksichtigung finden. Die Wertigkeit einer Grundstücksteilfläche wird entsprechend dem Flächentyp als Anrechnungsfaktor pro m² festgelegt. Der BFF wird wie folgt berechnet. Dabei beträgt z.B. der Anrechnungsfaktor für eine vollversiegelte Fläche 0,0 und für eine Vegetationsfläche mit Bodenanschluss 1,0 (vgl. Anhang 1).

$$\text{BFF} = \frac{(\text{m}^2\ \text{Flächentyp a} * \text{Anrechnungsfaktor x}) + (\text{m}^2\ \text{Flächentyp b} * \text{Anrechnungsfaktor y}) + \text{n}}{\text{m}^2\ \text{Grundstücksfläche}}$$

a = Flächentyp 1 von n,

b = Flächentyp 2 von n,

n = weitere Flächentypen (SENSTADT 2005C).

Der BFF wurde von der Senatsverwaltung speziell für bebaute und durch die städtischen Nutzungsformen Wohnen, Gewerbe und Infrastruktur geprägten Bereiche der Innenstadt Berlins entwickelt. Er kann als Rechtsverordnung in einem Landschaftsplan verbindlich festgelegt werden und formuliert ökologische Mindeststandards für bauliche Änderungen und Neubebauung in der Innenstadt. Dabei werden sämtliche Begrünungspotentiale wie Höfe, Dächer, Mauern und Brandwände einbezogen. Die dazu definierten Festsetzungen sind dem Handbuch der Berliner Landschaftspläne zu entnehmen. Es können grundstücksbezogene Vorgaben bei baugenehmigungspflichtigen Vorhaben zur Verwirklichung der Ziele des Naturschutzes und der Landschaftspflege festgeschrieben werden. Der BFF für eine Neubaumaßnahme für z.B. Wohnungen (reines Wohnen und Geschossfläche ohne gewerbliche Nutzung der Freifläche) beträgt 0,6 (vgl. Anhang 2) (SENSTADT 2005c).

Klimatisch-Ökologisch-Hygienischer Wert

Nach Schultz (1982) errechnet sich der Klimatisch-Ökologisch-Hygienische Wert (KÖH) aus dem Verhältnis von Gunstflächen zu versiegelten Ungunstflächen. Gunstflächen sind dabei Vegetationsflächen. Die Berechnung des KÖH-Wertes ist auf Grund seines Erhebungsaufwandes nur für großmaßstäbige Untersuchungen möglich (aus NETZBAND 1998, 8).

Klimaökologisch-Pedologischer Kennwert

Der Klimaökologisch-Pedologische Kennwert (KÖP) erfasst und bewertet die Oberflächenmaterialien entsprechend ihrem Versickerungsverhalten, dem Verhältnis von Vegetations- und Baumasse sowie dem Klimatopwert. Der Klimatopwert enthält dabei die Verbindung von

nächtlicher Abkühlung und mittlerer nächtlicher Oberflächentemperatur. Die Berechnung des KÖP-Wertes ist auf Grund seines Erhebungsaufwandes nur für großmaßstäbige Untersuchungen möglich (Rose 1991, aus NETZBAND 1998, 8f).

2.6 Wer benötigt Versiegelungsdaten?

Die Bodenversiegelung findet in mehreren Fachdisziplinen Beachtung. Die wichtigsten sind die Wasserwirtschaft, Naturschutz und Landschaftspflege sowie der Städtebau. In der Wasserwirtschaft ist die versiegelte Fläche ein Maß für die Planung der Entwässerungssysteme. Aber auch in der Trinkwasserversorgung, die in Berlin vollständig aus dem eigenen Grundwasserdargebot geschöpft wird, wird das Wissen über die Bodenversiegelung benötigt. In Naturschutz und Landschaftspflege hat die Erhaltung der natürlichen Bodenfunktionen eine zentrale Rolle. Unversiegelte Böden bilden den Lebensraum für Pflanzen und Tiere und haben eine wesentliche Funktion im Luft- und Wasserhaushalt (BUNZEL 1992, 26f).

Auch der Städtebau befasst sich mit Bodenversiegelung, da Neuerrichtungen und Änderungen von baulichen Anlagen flächensparend und bodenschonend erfolgen sollen. Zwischen Bodenverbrauch und Bodenbewirtschaftung auf der einen Seite und den Erfordernissen zur Aufrechterhaltung der ökologischen Kreisläufe auf der anderen Seite ist ein Ausgleich anzustreben (HEBER&LEHMANN 1993, 19). Hierfür sind besonders in der Stadt flächengenaue Angaben über die Versiegelung notwendig.

3 ERHEBUNGSMETHODEN VON VERSIEGELUNGSDATEN

Im folgenden Kapitel werden die fünf verschiedenen Versiegelungsdaten mit ihren unterschiedlichen Erhebungsmethoden einzeln sowie am Ende des Kapitels in einer tabellarischen Übersicht (vgl. Tab. 3.13) zusammengefasst dargestellt. Die Gesamtversiegelung jeder Methode ist jeweils in den Karten 1 bis 5 abgebildet. Für die vorliegende Untersuchung sind alle Versiegelungsdaten auf die Blockstruktur des Informationssystems Stadt und Umwelt 1:5.000 der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung bezogen, weshalb zunächst deren Aufbau erklärt wird.

3.1 Blockstruktur des Informationssystems Stadt und Umwelt

Die Bezugsgrundlage für die vorliegende Untersuchung ist die Struktur des „Regionalen Bezugssystems" (RBS) des statistischen Landesamts Berlin. Die hier definierten statistischen Blöcke und deren Codierung (Schlüssel) werden im Digitalen Umweltatlas Berlin der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung als Bezugsgröße eingesetzt. Der Umweltatlas basiert auf zwei Kartengrundlagen des Informationssystems Stadt und Umwelt (ISU), der ISU 5 und ISU 50.

Die ISU 50 ist auf Grund ihres Abbildungsmaßstabes 1:50.000 nicht lagetreu und bedingt durch die Zusammenführung von Ost- und West-Berlin in Teilen leicht verzerrt. Hierbei handelt es sich nicht um eine amtliche topographische Karte (TK), sondern um ein Instrument, mit dem statistische Daten digital abgebildet werden können. Die ISU 50 ist seit 1990 verfügbar.

Die ISU 5 dagegen ist lagetreu und wurde im Jahr 2000 aus der Digitalen Grundkarte 1:5.000 (DIGK 5) entwickelt. Die DIGK 5 ist eine Kartengrundlage, die lagetreu die statistischen Einheiten Baublock, Verkehrszelle, Statistisches Gebiet, Mittelbereich und Bezirk darstellt. Sie wird im stetigen Abgleich zur Blocknummernvergabe des Statistischen Landesamts fortgeführt und steht für ganz Berlin und die einzelnen Bezirke zur Verfügung. Diese statistischen Einheiten sind auch in der ISU 5 dargestellt. Der Baublock wird jedoch zum Teil noch weiter in von der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung unterteilte, nutzungshomogene Teilblöcke untergliedert. Die Erfassungsuntergrenze für alle Blöcke liegt bei 500 m², wobei von Seiten der Senatsverwaltung auch Straßenverkehrsinseln mit <500 m² erfasst wurden. Die Erfassung dieser Verkehrsinseln wird jedoch momentan nicht weitergeführt. Die ISU 5 wird von der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung auf dem Bezugssystem Soldner (neu)[6] geführt.

In der vorliegenden Arbeit sind die Datensätze zum Vergleich auf die Teilblockflächen der ISU 5-Blockstruktur mit einem 16stelligen Schlüssel vom Stand 2001 (31.12.2000) bezogen.

[6] Landeskoordinatensystem Soldner Berlin (Datum „Netz 88"), Bessel-Ellipsoid; Koordinatenanfangspunkt ist der Müggelberg mit seinen Koordinaten Länge 13° 37' 37'', 9332 und Breite 52° 25' 07'', 1338. Um keine negativen Koordinaten für Berlin zu erhalten, wurde für Soldner (neu) ein fiktiver Nullpunkt 40.000 m westlich und 10.000 m südlich des Koordinatenanfangspunkts gewählt (vgl. SENBAUWO 1994).

Hierbei handelt es sich um den alten Schlüssel[7], der Berlin noch in 23 Bezirke unterteilt. Im Anhang befindet sich eine Tabelle, die den Bezug zwischen der alten und neuen Bezirkseinteilung zeigt (vgl. Anhang A 1). Der Blockschlüssel sagt folgendes aus (vgl. Tab. 3.1) (BREITHAUPT 2005).

Tab. 3.1: Drei zufällig gewählte Beispiele des 16stelligen Schlüssels der Blockstruktur der ISU 5

Bezirk (alte Einteilung)	Platzhalter	Statistisches Gebiet	Blocknummer	Metafläche mit Teilflächen	Blöcke und Teilblöcke	Platzhalter
01 *Mitte*	0	098 *98*	007 *7*	0 *nein*	0000 Block	00
14 *Neukölln*	0	080 *80*	139 *139*	1 *ja*	0001 *1. Teilblock*	00
20 *Reinickendorf*	0	089 *89*	224 *224*	1 *ja*	0055 *55. Teilblock*	00

3.2 Versiegelungsdaten des Digitalen Umweltatlas Berlin

In dieser Untersuchung werden die Versiegelungsdaten der im Rahmen des Digitalen Umweltatlas Berlin der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung 2004 veröffentlichten Versiegelungskarte von Berlin (01.02) verwendet (SENSTADT 2004). Im folgenden Text werden diese Daten Umweltatlasdaten genannt.

3.2.1 Definition Versiegelung

Bei den Umweltatlasdaten gilt ein Boden dann als versiegelt, wenn er mit festen Materialien bedeckt ist. Neben baulichen Anlagen und mit Asphalt oder Beton vollständig versiegelten Oberflächen werden auch durchlässigere Beläge als versiegelt betrachtet, obwohl diese, wie z.B. Rasengittersteine, z.T. noch ein reduziertes Pflanzenwachstum erlauben. Neben dem Versiegelungsgrad werden die unbebaut versiegelten Flächen in eine von vier verschiedenen Belagsklassen eingeteilt. Diese gehen jedoch gleichwertig in die Berechnung des Versiegelungsgrades ein. Folgende Belagsklassen mit der jeweiligen Auswirkung auf den Naturhaushalt werden unterschieden (vgl. Tab. 3.2).

Tab. 3.2: Übersicht der Belagsklassen im Digitalen Umweltatlas Berlin (SENSTADT 2004)

Belagsklasse	Einschätzung der Auswirkung auf den Naturhaushalt	Belagsarten
1	extrem	Asphalt, Beton, Pflaster mit Fugenverguss oder Betonunterbau, Kunststoffbeläge
2	hoch	Kunststein- und Plattenbeläge (Kantenlänge > 8 cm), Betonverbundpflaster, Klinker, Mittel- und Großpflaster
3	mittel	Klein- und Mosaikpflaster (Kantenlänge < 8 cm)
4	gering	Rasengittersteine, wassergebundene Decke (z.B. Schlacke, Kies-, Tennenfläche), Schotterrasen

[7] Aus technischen Gründen beim Ausprägen der Daten in eine Karte im YADE-GIS wird hier die alte Blockeinteilung genutzt.

3.2.2 Aufnahmedatum

Die Umweltatlasdaten wurden erstmals 1993 veröffentlicht. Die hier verwendeten Daten sind in Westberlin aus Satellitenbildern von August 1985 und Mai 1988 sowie aus Luftbildern von 1985 erstellt worden. Für Ostberlin dienten Luftbilder von 1990 und die Auswertung der Karte von Berlin 1:5.000 mit mehreren Kartenblättern aus verschiedenen Jahren als Datengrundlage. 2004 wurde dann eine aktualisierte Fassung der Versiegelungskarte veröffentlicht. Die Daten hierfür stammen von Luftbildern aus 1999 und 2000 sowie Orthobildern von 1998. Es wurden jedoch nur ca. 20 % der Blöcke mit veränderten städtebaulichen Entwicklungsbereichen neu bewertet (SENSTADT 1993, 2004).

3.2.3 Datengrundlage

Die Versiegelung wurde für West- und Ostberlin aus unterschiedlichen Datengrundlagen erhoben. Der Westberliner Erhebung liegen Satellitendaten des Landsat-5 mit dem Aufnahmesystem Thematic Mapper (TM)[8] vom August 1985 und Mai 1988 zugrunde. Die folgende Tabelle zeigt die wichtigsten Eigenschaften des Landsat TM 5 Sensors (vgl. Tab. 3.3).

Tab. 3.3: Übersicht über die wichtigsten Eigenschaften des Landsat TM 5-Sensors (ALBERTZ 2001)

Größe der aufgenommenen Fläche: 185 x 185km		
Kanal	**Wellenlänge (nm)**	**Pixelgröße / geometrische Auflösung (m)**
1 (VIS-blau)	450-520	30 x 30
2 (VIS-grün)	520-600	30 x 30
3 (VIS-rot)	630-690	30 x 30
4 (NIR)	760-900	30 x 30
5 (IR)	1.550-1.730	30 x 30
7 (IR)	2.080-2.350	30 x 30
6 (therm. IR)	10.400-12.500	120 x 120

Die Auswahl der Aufnahmemomente erfolgte in Abhängigkeit von der Vegetationsentwicklung, dem Bewölkungsgrad und dem Dunst über der Stadt. Zur Verifizierung der Satellitendaten wurden Gebiete bekannter Bodenversiegelung und Color-Infrarot-Bilder (CIR) von 1985 im Maßstab 1:4.000 hinzugezogen. Anhand von neuen CIR-Luftbildern von der Befliegung 1990, ebenfalls im Maßstab 1:4.000, erfolgte 1991 eine Aktualisierung dieser Auswertung. Zur Bestimmung der Flächengrößen wurde auf die Stadtplanungsdatei[9] der Abteilung II, Landesplanung und Raumordnung der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz zugegriffen.

Die Versiegelungsdaten für den Ostteil der Stadt beruhen auf der visuellen Interpretation von CIR-Luftbildern im Maßstab 1:6.000 nach einer Befliegung von 1990 und der Auswertung der Karte von Berlin 1:5.000 mit Kartenblättern aus verschiedenen Jahren, in der flächengetreu die Gebäudegrundrisse eingezeichnet sind (SENSTADT 1993).

[8] Einer der zwei optischen Sensoren des Landsat 5-Satellit, mit sieben Spektralkanälen.

[9] Zentrale Datenbank der Westberliner Stadtplanung bis 1990 (BREITHAUPT 2005).

In der 2004 veröffentlichten Ausgabe wurde auf Grundlage der Ausgabe 1993 für ca. 20 % der Blockflächen, deren Nutzung sich seit 1990 wesentlich geändert hat, eine Schwerpunkt-Aktualisierung vorgenommen. Die Flächen dieser Schwerpunkt-Aktualisierung wurden anhand der Informationen der Geodatenbank "Flächen mit gesamtstädtisch bedeutenden Veränderungspotenzialen" der Gruppe Stadtwissen, Stadtentwicklungsmonitoring, Bevölkerungsprognose der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung von 2000 ausgewählt. Dabei handelte es sich um insgesamt 5.312 Flächen, die auf den Stand 31.12.2000 aktualisiert wurden.

Die neuen Versiegelungsdaten wurden dann mit Hilfe von CIR-Luftbildern verschiedener Maßstäbe aus den Jahren 1999 und 2000 sowie aus digitalen Orthobildern im Maßstab 1:10.000 von 1998 erstellt. Weitere Informationen aus der ALK von 1998, der Digitalen Grundkarte 1:5.000 aus den Jahren 1999 und 2000 für den inneren S-Bahnring sowie der Karte von Berlin 1:5.000 wurden zur Bewertung der Versiegelung genutzt (SENSTADT 2004).

3.2.4 Datenauswertung

Aufgrund der unterschiedlichen Datengrundlagen in West- und Ostberlin 1993 bzw. bei der Schwerpunkt-Aktualisierung 2004 waren auch die Datenauswertungen unterschiedlich.

Für Westberlin gab es bereits im Umweltatlas von 1985 die vom Institut für Ökologie der TU-Berlin erarbeitete Karte der Versiegelung (SENSTADTUM 1985). Sie zeigte den auf der Basis von Luftbildern von 1979 geschätzten Versiegelungsgrad auf der Ebene der Baublöcke. Dies hatte zur Folge, dass auch Baublöcke mit geteilter, unterschiedlicher Nutzung nur einen durchschnittlichen Versiegelungsgrad zugeteilt bekamen (SENSTADTUM 1990).

Als Vorarbeit für die neue Versiegelungskarte 1993 wurde im Jahre 1988 ein Gutachten zur Aktualisierung und Erweiterung dieser Karte erstellt. Ziel war eine komplette Neubestimmung der Versiegelung und die Überführung der Daten in das Umweltinformationssystem der Senatsverwaltung (AGU 1988).

Um das Problem der unterschiedlichen Nutzungen und die damit einhergehenden unterschiedlichen Versiegelungsgrade pro Block zu beseitigen, wurden die statistischen Blöcke bei unterschiedlichen Nutzungen innerhalb eines Blockes weiter zu nutzungshomogenen Blockteilflächen unterteilt (vgl. Kaptitel 3.2).

In der neuen Versiegelungskarte wurden die in der Tabelle 3.4 angegebenen, pauschalen Versiegelungsgrade für die Nutzungskategorien angenommen. Flächen dieser Nutzungskategorien, die in den Luftbildern stark abwichen, wurden getrennt betrachtet und mit der folgenden Methode ausgewertet (GOEDECKE&SCHNEIDER 2005). Die Zuordnung von pauschalen Versiegelungsgraden verschaffte jedoch eine Arbeitserleichterung, und es mussten nur noch weitere ca. 10.000 versiegelungsrelevante Flächen ausgewertet werden, die etwa 50 % des Stadtgebietes von Westberlin einnahmen (SENSTADT 1993). Für Baustellen (NUTZ = 90) wurden keine Versiegelungswerte zugewiesen.

Tab. 3.4: Zuordnung von pauschalen Versiegelungsgraden zu bestimmten Nutzungen (GOEDECKE&SCHNEIDER 2005)

Nutzung	Nutzungsnummer (NUTZ)	Pauschal angenommener Versiegelungsgrad (%)
Wald	100	2
Waldgebiet	101	2
Waldartige Bestände außerhalb der Berliner Forsten	102	2
Gewässer	110	0
Grünland (Wiesen u. Weiden)	121	2
Ackerland	122	2
Park / Grünfläche	130	10
Brachfläche, vegetationsfrei, unversiegelt	171	7
Brachfläche, wiesenartiger Vegetationsbestand	172	7
Brachfläche, Mischbestand aus Wiesen, Gebüsch und Bäumen	173	7
Brachfläche, waldartiger Vegetationsbestand	174	7

Zur Bestimmung des Versiegelungsgrades der restlichen Flächen wurde zunächst eine Satellitenbildinterpretation der Landsat 5-Aufnahmen von 1985 und 1988 vorgenommen. Anhand von Testflächen mit bekannten, aus Kartierungen vor Ort bestimmten Versiegelungsgraden wurde das Satellitenbild kalibriert und so klassifiziert, dass sich eine zehnstufige Skala von Versiegelungsklassen ergab. Als Zwischenergebnis wurde ein Farbdia ausgegeben, das die Versiegelungsklasse für jeweils 30 x 30 m große Rasterflächen darstellte. Dieses Bild wurde dann mit der digitalen Grundkarte überlagert, die Anzahl der Bildpunkte getrennt nach Versiegelungsklassen für jede Blockteilfläche manuell ausgezählt und der Versiegelungsgrad in Prozent für jede Blockteilfläche berechnet.

Ein Vergleich der durch die Satellitenbildinterpretation ermittelten Werte mit den Ergebnissen der Kartierung der Testflächen ergab eine nur geringe mittlere Abweichung. Über Plausibilitätskontrollen ermittelte Unstimmigkeiten wurden mit Hilfe von Luftbildern korrigiert (SENSTADT 1993).

Für Ostberlin wurde ebenfalls zu jeder Blockteilfläche der Versiegelungsgrad bestimmt. Dabei wurde zunächst auf Grundlage der Karte von Berlin im Maßstab 1:5.000 der Bebauungsgrad in Prozent der Gesamtfläche geschätzt. Bei veralteten Ausgaben der Kartenblätter wurde der Bebauungsgrad mit den aktuellen Luftbildern korrigiert. Die unbebaut versiegelte Fläche wurde über die Luftbildinterpretation ebenfalls in Prozent der Gesamtfläche geschätzt. Größere Schwierigkeiten traten bei der Schätzung des Versiegelungsgrades bei der dichten gründerzeitlichen Hinterhofbebauung auf, da die Verschattungseffekte von Gebäuden und Bäumen auf den für die östlichen Bezirke im Maßstab 1:6.000 bzw. 1:10.000 vorliegenden Luftbildern den Blick auf die Hoffläche verhinderten. In diesem Fall wurde auf Durchschnittswerte dieses Flächentyps zurückgegriffen. Durch Addition der beiden ermittelten Werte wurde der Versiegelungsgrad pro Blockteilfläche berechnet.

Für bestimmte gering versiegelte Nutzungen, wie z.B. Parks und Grünflächen wurde nur dann ein Versiegelungsgrad bestimmt, wenn er von dem pauschal zugeordneten deutlich

abwich. Die Baustellen im Ostteil der Stadt wurden kartiert, jedoch mit der Kategorie „Versiegelungsgrad nicht bestimmbar“ bewertet.

Die Aktualisierung der Versiegelungskarte, 2004 veröffentlicht, erfolgte auf Grundlage der Informationen der Geodatenbank „Flächen mit gesamtstädtisch bedeutenden Veränderungspotenzialen“ von 2000. Nur insgesamt 5.312 Flächen wurden mit Luftbildern verschiedener Maßstäbe, digitalen Orthobildern und Informationen aus den oben genannten digitalen Kartenwerken neu bewertet.

Der Versiegelungsgrad von Straßen ist in Gesamtberlin nicht dargestellt, da im Räumlichen Bezugssystem des Umweltinformationssystems nur statistische Blöcke, jedoch keine Straßen erfasst sind (SENSTADT 2004).

3.2.5 Besonderheiten und Einschränkungen

In der Satellitenbildauswertung in Westberlin 1993 war in einigen Fällen eine Nachbestimmung unbebaut versiegelter Flächen erforderlich. Die Satellitenbildklassifizierung erlaubt keine Unterscheidung zwischen vegetationsfreien unversiegelten und versiegelten Flächen. Um eine einheitliche Klassifizierung durchzuhalten, wurden diese Flächen bei der Luftbildinterpretation ebenfalls nicht differenziert. Durch Nachkartierung wurden dann vegetationsfreie Flächen wie Strände, Dünen und Brachflächen im Sinne der Versiegelungsdefinition als unversiegelt klassifiziert (SENSTADT 1993).

Eine Besonderheit stellen die zuerst pauschal zugewiesenen und nur zum Teil einzeln neu berechneten Versiegelungswerte dar. Für Straßen und Gleisanlagen wird kein Versiegelungsgrad dargestellt (SENSTADT 2004). Den zum Zeitpunkt der Aktualisierung 2001 bestehenden Baustellen (NUTZ = 90) wurden keine Versiegelungswerte zugewiesen.

Insgesamt wurden ca. 300 Flächen von Gesamtberlin nicht bestimmt, da zur Bestimmung der Versiegelung eine Mindestgröße von einem Hektar und für lineare Flächenstrukturen eine Mindestbreite von 20 Metern galt (SENSTADT 2004).

3.2.6 Flächendeckung

Die Versiegelungsdaten des Digitalen Umweltatlas Berlin umfassen 19.525 Block- und Teilblockflächen Berlins (vgl. Abb. 3.1). Die Versiegelungsgrade der Gesamtversiegelung pro Block- bzw. Teilblockfläche werden in Karte 1 dargestellt. Zwölf Klassen zeigen mit dem Farbverlauf von grün über gelb und rot bis blau die Versiegelungsgrade in Zehnprozentstufen von unversiegelt bis vollversiegelt (vgl. Karte 1).

Versiegelungsdaten des Digitalen Umweltatlas Berlin

Abb. 3.1: Flächendeckung der Daten des Digitalen Umweltatlas Berlin

3.2.7 Beispiele des Datenbestandes

Die Tabelle 3.5 zeigt vier zufällig ausgewählte Beispieldatensätze der Versiegelungsdaten des Digitalen Umweltatlas Berlin. Die erste Zeile besagt für den Block mit dem Schlüssel 2101860651000000 (vgl. Tab. 3.1) einen Gesamtflächeninhalt von 32.257 m². Davon ist eine Fläche von 8.387 m² versiegelt, dies entspricht einem Versiegelungsgrad von 26 %. Die Gesamtversiegelung wird unterteilt in eine bebaut versiegelte Fläche von 4.839 m² und eine unbebaut versiegelte Fläche von 3.548 m². Dies entspricht 15 % bzw. 11 % der Gesamtfläche. Die Informationen der folgenden drei Beispiele entsprechen dem ersten Datensatz.

Tab. 3.5: Beispieldatensätze der Versiegelungsdaten des Digitalen Umweltatlas Berlin (SENSTADT 2004)

Schlüssel	Flächeninhalt des Blocks (m²)	Versiegelung gesamt (%)	Versiegelung gesamt (m²)	bebaut versiegelt (%)	bebaut versiegelt (m²)	unbebaut versiegelt (%)	unbebaut versiegelt (m²)
2101860651000000	32.257	26	8.387	15	4.839	11	3.548
2101810021000100	26.869	67	18.003	18	4.836	49	13.167
0101050081000000	16.258	66	10.731	41	6.666	25	4.065
1300736571000500	48.095	41	19.719	22	10.581	19	9.138

3.3 Versiegelungsdaten der Satellitenbildauswertung

Im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Umweltschutz und Technologie, heute Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, erarbeitete das Institut für Landschaftsentwicklung, Fachgebiet Landschaftsplanung, insb. Landschaftspflege und Naturschutz der TU-Berlin bis 2001 eine Konzeptstudie zur Fortschreibung der Versiegelungsdaten mit Hilfe hochauflösender Satellitendaten unter Berücksichtigung der topologischen Fortführung des

Umweltinformationssystem-Grundlayouts. Mit Landsat TM 7- und Spot 4 XI-Szenen wurden mit Hilfe der Subpixel-Klassifikation der Versiegelungsgrad auf Blockebene der ISU 50 bestimmt. Für diese Untersuchung wurden die Daten dann auf die Blockstruktur der ISU 5 bezogen. Die Versiegelungsdaten der Satellitenbildauswertung werden im folgenden Text kurz Satellitendaten[10] genannt. Die folgende Ausführungen sind dem unveröffentlichten Bericht der Technischen Universität Berlin (TUB 2001) entnommen.

3.3.1 Definition Versiegelung

Als versiegelt werden alle Flächen, die wasserundurchlässig sind, angesehen, unabhängig davon, ob es sich um Beton, Asphalt, Ziegeldach oder Naturstein handelt.

3.3.2 Aufnahmedatum

Für die Konzeptstudie der TU-Berlin lagen zwei Landsat TM 7-Szenen von Juli und September 1999 sowie eine Spot 4 XI-Szene von April 2000 vor.

3.3.3 Datengrundlage

Für die Konzeptstudie der TU-Berlin lagen folgende drei Satellitenaufnahmen, die im Weiteren einzeln in Bezug auf ihre Qualität beschrieben werden, vor:

- Landsat TM 7 (panchromatisch/multispektral), Szene 193/23 von Juli 1999,
- Landsat TM 7 (panchromatisch/multispektral), Szene 193/23 13 von September 1999 und
- Spot 4 XI (panchromatisch/multispektral), Szene 058/243 06 von April 2000.

Die allgemeinen Eigenschaften der zwei Landsat TM 7-Szenen von Juli und September 1999 zeigt die folgende Tabelle (vgl. Tab. 3.6).

Tab. 3.6: Übersicht über die wichtigsten Eigenschaften des Landsat TM 7-Sensors (TUB 2001, 9)

Größe der aufgenommenen Fläche: 185 x 185km		
Kanal	**Wellenlänge (nm)**	**Pixelgröße / geometrische Auflösung (m)**
PAN	520-900	15 x 15
1 (VIS-blau)	450-520	30 x 30
2 (VIS-grün)	520-600	30 x 30
3 (VIS-rot)	630-690	30 x 30
4 (NIR)	760-900	30 x 30
5 (IR)	1.550-1.730	30 x 30
7 (IR)	2.080-2.350	30 x 30
6 (therm. IR)	10.400-12.500	60 x 60

Die Landsat TM 7-Szenen wurden als systemkorrigierte Daten geliefert. Beim Resampling der Bildkanäle wurde vom Distributor, Eurimage, die Methode der bikubischen Faltung (cubic convolution) verwendet. Die Datenqualität wurde als gut bewertet. Durch die bikubische Fal-

[10] Hierbei handelt es sich um eine kurze Formulierung, da es sich nicht um die Satellitendaten selbst, sondern um eine Versiegelungsauswertung der Satellitendaten handelt.

tung wird eine Modifizierung der originalen Grauwerte hervorgerufen, die die gelieferten Bilder optisch schärfer erscheinen lässt.

Des Weiteren wurde eine Szene des französischen Satelliten SPOT 4 XI von April 2000 eingesetzt, deren wichtigste Eigenschaften in der folgenden Tabelle gezeigt werden (vgl. Tab. 3.7).

Tab. 3.7: Übersicht über die wichtigsten Eigenschaften des SPOT 4-Sensors (TUB 2001, 9)

Größe der aufgenommene Fläche: 60 x 60km		
Kanal	**Wellenlänge (nm)**	**Pixelgröße / geometrische Auflösung (m)**
PAN	610-680	10
1 (VIS-grün)	500-590	20 x 20
2 (VIS-rot)	610-680	20 x 20
3 (NIR)	790 890	20 x 20
4 (IR)	1.580-1.750	20 x 20

Die SPOT 4-Szene wurde systemkorrigiert geliefert. Beim Resampling der multispektralen und panchromatischen Kanäle wurde vom Distributor, Spotimage, auch die Methode der bikubischen Faltung verwendet. Sie stand ab Herbst 2000 in guter Bildqualität für Forschungszwecke zur Verfügung.

Neben den Satellitendaten wurden noch weitere Raster- und Vektordaten eingesetzt. Von der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung wurden u.a. die digitale Blockkarte 1:50.000 und die digitale Blockkarte 1:5.000 und deren Sachdaten für die Auswertung bereitgestellt. Weitere Rasterdaten waren gescannte Schwarzweiß- und CIR-Luftbilder, die zum visuellen Vergleich mit den Satellitenbildern genutzt wurden.

3.3.4 Datenauswertung

Die Fortschreibung der Versiegelungsdaten mit Hilfe hochauflösender Satellitendaten wurde von dem Institut für Landschaftsentwicklung mit der SPOT 4-Szene und den Landsat TM 7-Szenen durchgeführt. Die Szenen wurden zunächst in das Datenformat für ERDAS-Imagine importiert. Da zum Zeitpunkt der Untersuchung das amtliche Koordinatensystem von Berlin, Soldner (neu), im Programmpaket ERDAS-Imagine nicht unterstützt wurde, war eine Geokodierung von Satellitendaten auf dieses Bezugssystem nicht möglich. Um dennoch eine Überlagerung mit den digitalen Blockkarten ISU 50 und ISU 5 möglich zu machen, wurde für die Projektarbeiten das Gauß-Krüger Referenzsystem festgelegt, wodurch alle Satellitendaten und Zusatz-Vektordaten in dieses System transformiert werden mussten. Die Rücktransformation der Ergebnisdaten in das bei der Senatsverwaltung gebräuchliche Soldner (neu) Koordinatensystem erfolgte nach Abschluss der Arbeiten über die entsprechenden Routinen im Programmpaket ARC/INFO.

Des weiteren wurden Teile der Zusatzdaten in das Geographische Informationssystem ARC/INFO geokodiert, exportiert, aufgerastert und anschließend in das ERDAS-Imagine Format überführt. Aus der DIGK 5 wurde je ein Datensatz für Wasser, Schienen, Straßen (als Flächen außerhalb der Blockflächen) sowie für Blöcke und Teilblöcke in das Rasterformat, jeweils auf 5 m und 25 m gerastert, überführt.

Die Verwendung der Standard-Klassifizierungsverfahren, wie z.B. Maximum-Likelihood und Minimum Distance, die auf der Vorgabe von definierten Trainingsgebieten und anschließender automatisierter Zuordnung gemäß des gewählten mathematischen Algorithmus aller Bildpunkte zu diesen Trainingsgebieten beruhen, führte zum Zeitpunkt der Untersuchung bei hochauflösenden Daten zu keinen verlässlichen Ergebnissen. Homogene Trainingsgebiete ließen sich aufgrund der von mehreren Objektklassen beherrschten Bildpunkte oft nicht erstellen. Deshalb wurden zunächst über ein hierarchisches Schwellenwert-Verfahren thematische Klassen abgegrenzt, die in dem anschließenden Klassifizierungsverfahren nicht bewertet wurden und somit auch nicht durch ihre spektrale Informationen in andere Klassen eingeteilt werden konnten.

Aus dem vorliegenden Datenmaterial wurde zunächst unter Verwendung des zweiten und dritten Kanals der jeweiligen Szenen der Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)[11] berechnet. „Aufgrund der grauwertkodierten Indexwerte (-1 bis +1) ist eine Erfassung von vegetationsbedeckten Oberflächen möglich. Je höher der Grauwert, desto höher die Biomasse, je geringer der Grauwert, desto geringer die Vegetationsbedeckung innerhalb der Fläche eines Bildelements“ (TUB 2001, 13). Über einen Vergleich von Flächen dieses Bildes mit bekannten Arealen wurde interaktiv ein Schwellenwert definiert, der es erlaubt, die vegetationsbedeckten und unversiegelten Areale sicher zu erfassen. Dabei entsprach der NDVI-Wert –1 (Wasser) dem Grauwert 0 und der NDVI-Wert +1 (volle Vegetation) dem Grauwert 256. Interaktiv wurden dann Schwellenwerte gesucht. Grauwerte, die $\geq$ dem Schwellenwert 115 sind, werden als vollständig mit Vegetation bestanden und damit als unversiegelt angesehen, wohingegen Grauwerte $\leq$ dem Schwellenwert 112 als vollständig vegetationslos und damit versiegelt angesehen werden. Dabei ist zu beachten, dass in der Klasse versiegelt auch die vegetationslosen Wasserflächen enthalten sind. Nach dieser Auswahl hatte man dann zwei Klassen, völlig versiegelt und unversiegelt. Nun mussten noch die Flächen zwischen den zwei Schwellenwerten beachtet werden.

Die Flächen, die nicht in die Klasse unversiegelt gefallen sind, wurden im weiteren Verlauf unter Berücksichtigung der Tatsache, dass die Mischpixelproblematik im städtischen Raum besonders auftritt, mit der Subpixel-Klassifikation bearbeitet. Hierfür wurde das Programm der Fa. Applied Analysis Inc., Versionsstand Mai 2000, verwendet.

„Dieses Programm klassifiziert Objekte, die kleiner sind als die räumliche Auflösung des jeweiligen Sensors, bzw. es identifiziert und quantifiziert spezifische (vorher vorgegebene) Materialien in einem Mischpixel. Hierfür werden die spektralen und nicht die räumlichen Objekteigenschaften verwendet, und der relative Anteil der vorgegebenen Klasse an dem Pixel bestimmt. [...] Ein Hauptvorteil des Subpixel-Klassifikators liegt in der Tatsache begründet, dass nur wenige Bildpunkte genügen, ein bestimmtes Material (resp. Klasse) spektral zu definieren. Zudem werden bei der Generierung der MOI-Signatur (MOI = Material of Interest) zu stark von dem zuerst definierten Pixel abweichende Pixel von der Berechnung automa-

[11] Verhältnisbildung von nahem Infrarot zu sichtbarem Rot, zum Herausstellen der Vegetation oder zum Abschätzen des Anteils an Chlorophyll und damit der Biomasse geeignet (vgl. ALBERTZ 2001).

tisch entsprechend dem vorher interaktiv ausgewählten Vertrauensintervall (confidence level) ausgeschlossen“ (TUB 2001, 15).

Nach der Subpixel-Klassifikation (vgl. Anhang A 2) erfolgte eine Mittelwertberechnung der Klassenwerte aus der Pixelkarte über die Programmfunktion „Zonal Attributes“ im Erdas IMAGINE Programm, die aus einer vorherigen Berechnung (Mittelwertbildung) mit um 10 m nach innen gepufferten Blockpolygonen bestimmt wurden. Dabei wurde der Wasser-Layer der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung einbezogen.

Am Ende der Konzeptstudie lag für beide Blockstrukturen, ISU 5 und ISU 50, eine Versiegelungserhebung vor. Aufgrund der Lageungenauigkeit der ISU 50 ist jedoch nur die Erhebung auf Ebene der ISU 5 relevant. Hierfür liegt für alle Blöcke, die alle noch ungeteilt waren, ein gemittelter Versiegelungsgrad der gepufferten Pixel zwischen 0 und 100 % vor. Für die hier Diplomarbeit wurde die dazugehörige Datei auf die ungeteilten Blöcke der ISU 5 übertragen.

3.3.5 Besonderheiten und Einschränkungen

Den bekannten Schwierigkeiten der digitalen Klassifizierung wurde in der durchgeführten Konzeptstudie mittels der Subpixel-Klassifikation entgegengewirkt. Die Trennung von Wasser- und Schattenbereichen (Gebäudeschatten) konnte nach der Klassifikation durch Überlagerung des Wasser-Layers der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung erreicht werden. Die Trennung von Sand/Bauflächen und betonierten Flächen ist aufgrund ihrer gleichartigen Reflexion jedoch weiterhin schwierig. Ebenso die Trennung von locker bebauten Flächen und Kleingartenflächen.

Folgende konkrete Probleme traten bei der Bildverarbeitung auf:

- „Bestimmte Objekte dominieren den integralen Reflexionswert des Pixels so stark, dass auch über eine spektrale Entmischung die weniger dominanten Anteile nicht bestimmt werden können.
- Unterschiedlich stark versiegelte Oberflächen (Straße oder Schotterweg) bestehen aus sehr ähnlichen Materialien und sind daher nicht spektral zu trennen (z.B. versiegelte Wege im Tiergarten).
- Der Einfluss des (Gebäude-)Schattens kann nicht vollkommen eliminiert werden. Es wurden für die abschließenden Berechnungen der Versiegelungswerte diese Bereiche, da ohne Auswertungswert, nicht berücksichtigt. Zugleich schränken sie aber die Zahl der in die Berechnung eingeflossenen Pixel ein. Dieser Fehler ist nicht exakt zu bestimmen, trägt aber sicher erheblich zur Ergebnisunsicherheit bei.
- Es ist sehr wahrscheinlich, dass nicht alle versiegelten Oberflächentypen vor dem Klassifizierungsprozess definiert wurden“ (TUB 2001, 22).

Eine Einschränkung ist, dass bei diesem Datenbestand die Versiegelungsbewertung nur auf der Ebene der ungeteilten Blöcke vorliegt. Zum Vergleich müssen damit alle anderen Datensätzen von deren Teilblock- auf die reine Blockebene umgerechnet werden. Ebenso fehlt eine weitere Unterteilung in bebaut und unbebaut versiegelt.

3.3.6 Flächendeckung

Die Versiegelungsdaten der Satellitenbildauswertung umfassen 14.651 Blockflächen (vgl. Abb. 3.2). Die Versiegelungsgrade der Gesamtversiegelung pro Blockfläche werden in Karte 2 dargestellt. Zwölf Klassen zeigen mit dem Farbverlauf von grün über gelb und rot bis blau die Versiegelungsgrade in Zehnprozentstufen von unversiegelt bis vollversiegelt (vgl. Karte 2).

Versiegelungsdaten der Satellitenbildauswertung

Abb. 3.2: Flächendeckung der Satellitendaten

3.3.7 Beispiele des Datenbestandes

Die Tabelle 3.8 zeigt vier zufällig ausgewählte Beispieldatensätze der Satellitendaten. Die erste Zeile besagt für den Block mit dem Schlüssel 2101860651000000 (vgl. Tab. 3.1) einen Gesamtflächeninhalt von 32.257 m². Davon ist eine Fläche von 3.987 m² versiegelt, dies entspricht einem Versiegelungsgrad von 12 %. Die Gesamtversiegelung wird bei diesem Datensatz nicht weiter unterteilt. Die Informationen der folgenden drei Beispiele entsprechen dem ersten.

Tab. 3.8: Beispieldatensätze der Satellitendaten

Schlüssel	Flächeninhalt des Blocks (m²)	Versiegelung gesamt (%)	Versiegelung gesamt (m²)
2101860651000000	32.257	12	3.987
0100980011000000	23.420	42	9.838
1300742191000000	22.358	21	4.695
1501240091000000	336.709	41	138.029

3.4 Versiegelungsdaten der Berliner Wasserbetriebe

Im Zuge der veränderten Berechnung des Niederschlagswasserentgeltes ab Januar 2000, erhoben die Berliner Wasserbetriebe (BWB) die versiegelten Flächen der in die Kanalisation einleitenden Grundstücke. Die Urteile vom Bundesverwaltungsgericht und anderen Oberverwaltungsgerichten besagten, dass die Entgelte in den Kommunen getrennt kalkuliert und berechnet werden müssen, sobald der Anteil der Kosten für die Niederschlagsableitung mehr als 15 % der Gesamtkosten der Abwasserentsorgung betragen (BWB 1998). Die Daten werden in einer Datenbank ständig aktualisiert, liegen jedoch nur für wirtschaftlich relevante Grundstücke und nicht für Gesamtberlin vor. Die Daten werden im folgenden Text kurz BWB-Daten genannt.

3.4.1 Definition Versiegelung

Die BWB-Daten unterscheiden zwischen Dachfläche und versiegelter Fläche. Die Dachflächen werden in Normal- und Gründach getrennt. Ein Normaldach ist herkömmlich mit z.B. Dachpfannen gedeckt. Die Fläche wird zu 100 % in die Versiegelungsfläche eingerechnet. Bei einem Gründach dagegen zählen nur 50 % der Fläche zur Versiegelungsfläche. Die Dachflächen werden in dieser Untersuchung zu der Kategorie bebaut versiegelte Fläche gezählt.

Als versiegelte Fläche zählen sämtliche betonierten, asphaltierten, gepflasterten oder mit anderen wasserundurchlässigen Materialien versehenen Flächen, wie z.B. Garageneinfahrten, Parkplätze, Zufahrten, Terrassen, Wege und Stellflächen. Diese Flächen werden in dieser Untersuchung zu der Kategorie unbebaut versiegelt gezählt. Flächen mit z.B. Rasengittersteinen werden nicht als versiegelt betrachtet (BWB 1998).

3.4.2 Aufnahmedatum

Die Erfassung der Daten der BWB wurde 1998, im Zuge der ab Januar 2000 veränderten Berechnung des Niederschlagswasserentgeltes, in Auftrag gegeben, und die Daten werden ständig aktualisiert. Die grundstücksgenauen Daten wurden aus datenschutzrechtlichen Gründen, aber auch für eine sinnvolle Generalisierung, auf Blockteilflächenebene der ISU 5 aggregiert und an die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung mit dem Stand 2001 weitergegeben.

3.4.3 Datengrundlage

Zur ersten Erfassung der genauen Grundstücke dienten den BWB Luftbilder und die Automatisierte Liegenschaftskarte (ALK), deren ständige Aktualisierung während der Arbeitsphase mehrmals in die Datenbank übernommen werden musste. Des weiteren wurden die überprüften Informationen der Grundstückseigentümer miteingearbeitet (WTE 2004).

3.4.4 Datenauswertung

Die BWB haben der WTE Betriebsgesellschaft mbH den Auftrag gegeben, die Versiegelungsdaten zu erheben.

Um die aktuellen Veränderungen in der Bebauung einschließlich der Abbildungen von Dachflächen inklusive der Dachfirsteneinteilung und der befestigten Flächen, wie Wege und Terrassen, auf den Grundstücken detailliert zu erfassen, wurde die ALK mit einer stereoskopischen Auswertung von Luftbildern ergänzt. Anschließend wurden softwaregesteuert Gruppen gebildet, die aus den Flurstücken der ALK die Flächeninformation mit den Kundeninformationen der BWB zusammen beinhalteten. Aus diesen Daten wurden bebaute Grundstücke mit Einleitungsmöglichkeit in den Niederschlags- bzw. Mischkanal selektiert und an deren Eigentümer Fragebögen verschickt. Die zurückgesendeten Informationen wurden mit den oben genannten Flächen- und Kundeninformationen in einer Sachdatenbank dargestellt.

Von ca. 150.000 angeschriebenen Eigentümern von Grundstücken mit Einleitungsmöglichkeiten in den Niederschlags- bzw. Mischkanal haben 84 % den Selbstauskunftsfragebogen beantwortet zurückgeschickt. Der Rest wurde nochmals angeschrieben und die Sachdatenbank gegebenenfalls aktualisiert. Im Fragebogen war das jeweilige Flurstück mit den jeweiligen Dach- und versiegelten Flächen abgebildet. Zu den Dachflächen musste angekreuzt werden, ob die Dachfläche ein Normal- oder ein Gründach ist, ob sie in den Kanal einleitet oder nicht und deshalb versickert oder das Niederschlagswasser genutzt wird. Zu den versiegelten Flächen, wie z.B. einer Terrasse, musste auch angegeben werden, ob sie in den Kanal einleitet oder nicht (vgl. Abb. 3.3).

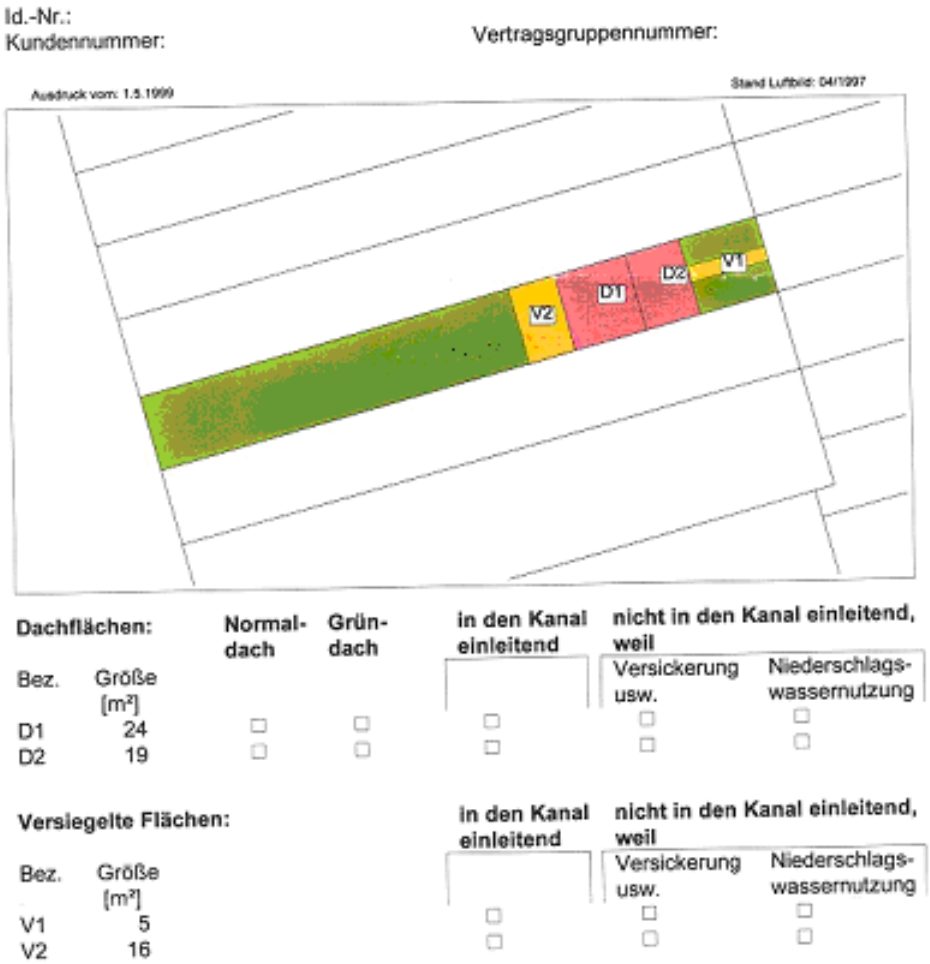


Abb. 3.3: Beispielgrundstück auf einem BWB-Fragebogen

Die grundstücksgenauen Daten wurden dann der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung auf Blockteilflächenebene aggregiert und differenziert nach dem 16stelligen Schlüssel des Blocks, der Dachfläche in m² sowie der sonstigen versiegelten Fläche in m², übergeben (WTE 2004). Unter zu Hilfenahme der Gesamtfläche in m² je Block aus der ISU 5 wurde der Versiegelungsgrad in % berechnet.

3.4.5 Besonderheiten und Einschränkungen

Bei der Erfassung haben die BWB nur die ökonomisch relevanten Flächen, d.h. die Flächen, deren Abflussmenge in Rechnung gestellt werden kann, berücksichtigt. Flächen mit den Nutzungen Wald, Acker, Kleingarten, Park und Grünfläche haben deshalb meist keine Angaben zur Gesamtversiegelung bzw. unbebaut versiegelte Fläche.

Eine Besonderheit bei der Datenauswertung stellt die Selbstauskunft der Eigentümer dar. Diese Daten wurden danach von Bearbeitern der BWB überprüft. Es kann jedoch trotz Überprüfung durch die BWB von einer gewissen Unsicherheit der Daten, besonders bei den unbebaut versiegelten Flächen ausgegangen werden. Die bebaut versiegelten Flächen wurden zuerst durch die ALK und Luftbilder bestimmt, sodass die Eigentümer nur über die Bauart des Dachs Auskunft geben konnten.

3.4.6 Flächendeckung

Der BWB-Datenbestand, bestehend aus 150.000 Flurstücksdaten, beinhaltet 15.067 Block- und Teilblockflächen (vgl. Abb. 3.4). Die Versiegelungsgrade der Gesamtversiegelung pro Block- bzw. Teilblockfläche werden in Karte 3 dargestellt. Zwölf Klassen zeigen mit dem Farbverlauf von grün über gelb und rot bis blau die Versiegelungsgrade in Zehnprozentstufen von unversiegelt bis vollversiegelt (vgl. Karte 3).

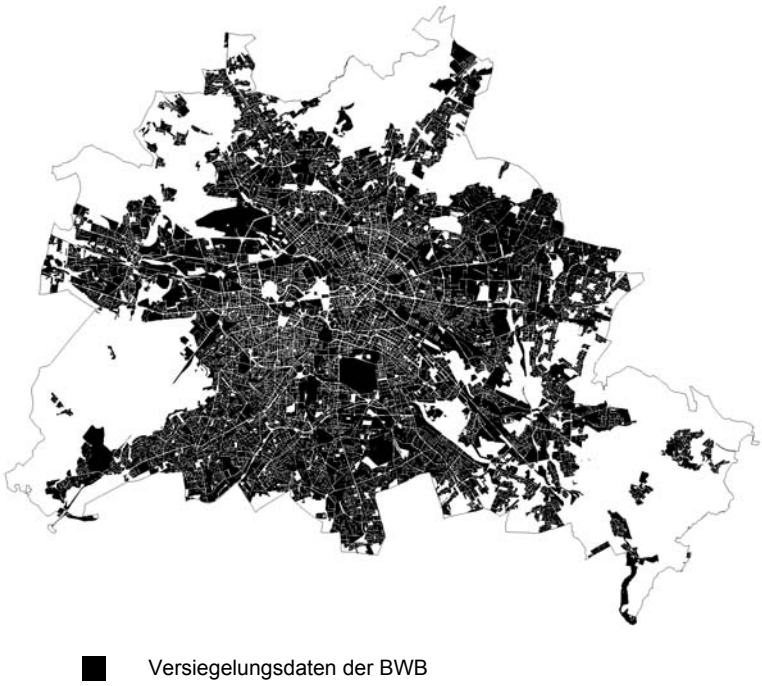


Abb. 3.4: Flächendeckung der BWB-Daten

3.4.7 Beispiele des Datenbestandes

Die Tabelle 3.9 zeigt vier zufällig ausgewählte Beispieldatensätze der BWB-Daten. Die erste Zeile besagt für den Block mit dem Schlüssel 2101860651000000 (vgl. Tab. 3.1) einen Gesamtflächeninhalt von 32.257 m². Davon ist eine Fläche von 5.379 m² versiegelt, dies entspricht einem Versiegelungsgrad von 16 %. Die Gesamtversiegelung wird unterteilt in eine bebaut versiegelte Fläche von 2.975 m² und eine unbebaut versiegelte Fläche von 2.404 m². Dies entspricht 9 % bzw. 7 % der Gesamtfläche. Die Informationen der folgenden drei Beispiele entsprechen dem ersten.

Tab. 3.9: Beispieldatensätze der BWB-Daten

Schlüssel	Flächeninhalt des Blocks (m²)	Versiegelung gesamt (%)	Versiegelung gesamt (m²)	bebaut versiegelt (%)	bebaut versiegelt (m²)	unbebaut versiegelt (%)	unbebaut versiegelt (m²)
2101860651000000	32.257	16	5.379	9	2.975	7	2.404
2101810021000100	26.869	46	12.524	13	3.521	33	9.003
0101050081000000	16.258	43	7.102	30	4.925	13	2.177
1300736571000500	48.094	41	19.855	25	11.884	16	7.971

3.5 Versiegelungsdaten aus der Automatisierten Liegenschaftskarte

In Berlin werden die grundstücksbezogenen Sach- und Geometriedaten des Liegenschaftskatasters als Automatisiertes Liegenschaftsbuch (ALB) und Automatisierte Liegenschaftskarte (ALK) in Datenbanken flächendeckend und stets aktuell gespeichert. Der Datenbestand der ALK-Berlin umfasst die gesamte Fläche des Landes Berlin und besteht aus ca. 1,5 Mio. Objekten. Davon sind ca. 550.000 Gebäude, die nach Haupt- und Nebengebäuden sowie nach ihrer Nutzung unterschieden werden (SENSTADT 2005A). Für die hier vorliegende Untersuchung wurde eine Verschneidung der ALK-Daten von 2004 mit der ISU 5 von 2001 vorgenommen, um die bebaut versiegelte Fläche pro Block- bzw. Teilblockfläche herauszufiltern. Im folgenden Text werden diese Daten als ALK-Daten bezeichnet.

3.5.1 Definition Versiegelung

Als versiegelte Flächen gelten in diesem Datensatz nur oberirdische Gebäude. Tiefgaragen und geplante Gebäude sind nicht beinhaltet. Die ALK-Daten beinhalten daher nur die Kategorie bebaut versiegelte Fläche.

3.5.2 Aufnahmedatum

Zum besseren Vergleich hätten die ALK-Daten von 2000 hinzugezogen werden sollen. Da an der ALK aber erst in den letzten Jahren verstärkt gearbeitet wird, und das Ziel der ständigen Aktualität noch nicht erreicht ist, lag sie im Jahr 2000 noch sehr lückenhaft vor. Aus diesem Grund wurde für diese Untersuchung die ALK von Dezember 2004[12] hinzugezogen. Sie wurde auf die Blockteilflächenstruktur der ISU 5 von 2001 bezogen.

[12] Aktuellste Version zum Zeitpunkt der Diplomarbeit.

3.5.3 Datengrundlage

Die ALK liegt flächendeckend für Berlin in Form von Vektordaten vor. Die Erfassungsvorlagen sind in der Regel die Amtlichen Kartenwerke im Maßstab 1:1.000 (SENSTADT 2005A). Diese wurden im Rahmen dieser Untersuchung auf die Blockteilflächenstruktur der ISU 5 aggregiert.

3.5.4 Datenauswertung

Der ALK-Datenbestand soll möglichst genau die bebaut versiegelte Fläche herausfiltern und wurde mittels der Software YADE-GIS[13] für diese Arbeit erstellt. Dabei wurden die Karten ALK von 2004 und ISU 5 von 2001 mit der Geometrie der Block- und Teilblockflächen genutzt.

Nach der im Anhang beschriebenen Prozedur ist der ALK-Datenbestand erstellt worden (vgl. Anhang A 3). Für jede Teil- bzw. Blockfläche mit dem jeweiligen 16stelligen Schlüssel, die eine Bebauung aufweist, ist der Gesamtflächeninhalt und die bebaut versiegelte Fläche in m² sowie der Versiegelungsgrad in % aufgelistet.

3.5.5 Besonderheiten und Einschränkungen

Die ALK beinhaltet in erster Linie Flurstücke und Gebäude, die solche im Rechtssinn des Baugesetzbuches sind. Erst in einem zweiten noch nicht abgeschlossenen Erfassungsschritt werden auch andere Gebäude, wie z.B. Gartenhäuser, nachgetragen. Die Erfassungsuntergrenze hängt nicht von der Flächengröße ab. Alle Flurstücke werden erfasst. So bestehen auch in der ALK vom Stand Dezember 2004 noch Lücken im Bestand der bebaut versiegelten Fläche. Da der Schwerpunkt der ALK in der Erfassung des Liegenschaftskatasters liegt, existieren keine eindeutigen Uferlinien, wodurch die Wasserflächen nicht aus der ALK entnommen werden können.

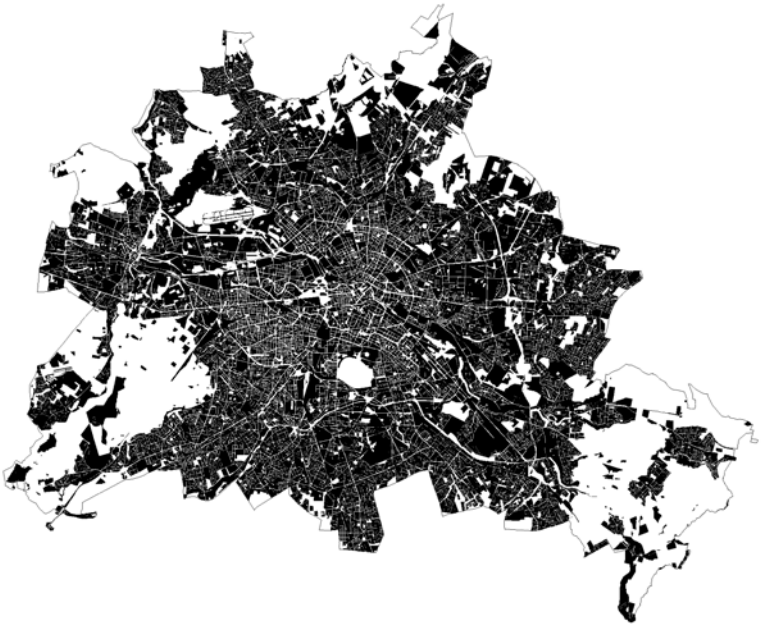
Die ALK-Daten beschreiben ausschließlich die bebaut versiegelten Flächen. Dabei sind jedoch aus Gründen von Überschneidungen und Dopplungen des Flächeninhaltes und damit einhergehenden Versiegelungsgraden von >100 % Flächen mit dem Deskriptor 0112363 für Tiefgaragen gelöscht worden. Da die Daten von 2004 stammen sind auf Grund der Vergleichbarkeit zu den anderen Datensätzen aus den Jahren 1999/2000 die Baustellen bzw. geplanten Gebäude mit dem Deskriptor 087xxxx herausgenommen worden.

3.5.6 Flächendeckung

Die ALK-Daten beinhalten nur die bebaut versiegelte Fläche. Sie liegen für Gesamtberlin auf Teilblockebene mit 17.275 Flächen vor (vgl. Abb. 3.5). Die Versiegelungsgrade der bebaut versiegelten Fläche pro Block- bzw. Teilblockfläche werden in Karte 4 dargestellt. Zwölf Klassen zeigen mit dem Farbverlauf von grün über gelb und rot bis blau die Versiegelungsgrade in Zehnprozentstufen von unversiegelt bis vollversiegelt. Blockflächen, die keine Bebauung aufweisen, sind nicht dargestellt, wodurch auch keine grünen Flächen in dieser Karte auftreten (vgl. Karte 4).

---

[13] YADE-GIS = Yet Another Data Environment-Geoinformationssystem der Firma SRP-GmbH, Berlin



Versiegelungsdaten der ALK

Abb. 3.5: Flächendeckung der ALK-Daten

3.5.7 Beispiele des Datenbestandes

Die Tabelle 3.10 zeigt vier zufällig ausgewählte Beispieldatensätze der Versiegelungsdaten des Digitalen Umweltatlas Berlin. Die erste Zeile besagt für den Block mit dem Schlüssel 2101860651000000 (vgl. Tab. 3.1) einen Gesamtflächeninhalt von 32.257 m². Dieser Datensatz zeigt nur die bebaut versiegelte Fläche. Sie beinhaltet 2.668 m². Dies entspricht 8 % der Gesamtfläche. Die Informationen der folgenden drei Beispiele entsprechen dem ersten Datensatz.

Tab. 3.10: Beispieldatensätze der ALK-Daten

Schlüssel	Flächeninhalt des Blocks (m²)	bebaut versiegelt (%)	bebaut versiegelt (m²)
2101860651000000	32.257	8	2.668
2101810021000100	26.869	7	1.773
0101050081000000	16.258	29	4.711
1300736571000500	48.095	24	11.585

3.6 Versiegelungsdaten der terrestrischen Kartierung Marzahn

Von 1992 bis 2001 wurden in Marzahn die Versiegelungsdaten der statistischen Gebiete 180 bis 188 mittels Arbeitsbeschaffungsmaßnahmen terrestrisch erhoben. Die Arbeitsförderungsgesellschaft im Industriestandort Berlin-Marzahn mbH (AIBM) hat unter dem Titel „Umweltdaten für Marzahn“ die Versiegelung der oben genannten statistischen Gebiete auf Grundlage der Block- und Teilblockflächen der ISU 5 kartiert und an die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung im Jahr 2001 weitergegeben. Ein Schwerpunkt der Erfassung der Versiegelung lag auf öffentlichen Flächen, wie z.B. Schulen und Kindertagesstätten, sowie Gewerbeflächen, um besonders für diese Entsiegelungsmaßnahmen vorschlagen zu können.

Seit 2001 ist das Projekt abgeschlossen und wird nicht weiter fortgeführt (AIBM 2001a/b). Diese Versiegelungsdaten werden im folgenden Text als terrestrische Daten bezeichnet.

3.6.1 Definition Versiegelung

Versiegelung wird bei dem Datensatz der terrestrischen Kartierung in folgende drei Kategorien unterteilt:

- Unbebaut versiegelte Flächen sind vegetationsfreie, verdichtete Flächen oder solche, die mit Belägen der Klasse 1-4 versiegelt sind,
- Verkehrsflächen sind alle Gehwege, Straßen, Parkplätze sowie Haltestellenbereiche und
- Überbaute Flächen sind alle Flächen, auf denen sich Bauwerke befinden.

Die Belagsklassen der unbebaut versiegelten Flächen sind wie beim Digitalen Umweltatlas Berlin unterteilt, werden aber ebenfalls bei der Berechnung des Versiegelungsgrades nicht unterschiedlich gewichtet (AIBM 2001a). Es wird zwischen unbebaut und bebaut versiegelter Fläche unterschieden. Die unbebaut versiegelte Fläche setzt sich aus den Angaben des Originaldatensatzes der unbebaut versiegelten und Verkehrsfläche innerhalb eines Blocks zusammen, da es sich bei der Verkehrsfläche um z.B. Hauseingänge und Wege handelt, die in den anderen Datensätzen auch in der Kategorie unbebaut versiegelte Fläche beinhaltet sind.

3.6.2 Aufnahmedatum

Die terrestrisch erhobenen Daten von Marzahn wurden je statistisches Gebiet zwischen 1992 und 2001 erstellt und z.T. erneuert (vgl. Tab. 3.11). Die aktuellsten Daten von 2000 bzw. 2001 liegen somit in den statistischen Gebieten 184 bzw. 185 vor. Ende 2001 wurde das ABM-Projekt eingestellt, und seither gab es keine weitere Aktualisierung.

Tab. 3.11: Erfassungszeiträume der terrestrischen Versiegelungsdaten je statistischem Gebiet (AIBM 2001b, verändert).

Statistisches Gebiet	Erfassungszeitraum	Fortschreibung
181	1992	1997
182	1993	
184	1994	2000
186	1995	
180	1996	
183	1997	
187	1999	
188	1999	
185	2001	

3.6.3 Datengrundlage

Von der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung wurden Blockeinteilung der statistischen Gebiete und die Flächenangaben der statistischen Blöcke bereitgestellt. Zum Vergleich wur-

den außerdem der Flächentyp nach Bodennutzungssystematik und die Versiegelung in Prozent weitergegeben (AIBM 2001a).

3.6.4 Datenauswertung

Für das Gebiet Marzahn wurde im Rahmen einer vom Arbeitsamt geförderten Maßnahme die direkte Erhebungsmethode der Versiegelung angewendet, wodurch Daten der bebaut und unbebaut versiegelten Flächen unter flurstücksgenau aufgenommen wurden.

Die versiegelten Flächen wurden vor Ort mit Hilfe von Messrädern (Typ „Längenmessgerät ROLLFIX EASY“) und Maßbändern (Typ „Isolanbandmaß“) aufgemessen. Die dazu notwendigen Karten sind vom Vermessungsamt Marzahn zur Verfügung gestellt worden. Das Kartenmaterial war teilweise nicht aktuell und musste ergänzt werden. Die beim Aufmessen ermittelten Daten wurden in dafür entwickelte Formblätter erfasst, die gleichzeitig zur Dateneingabe und Auswertung genutzt wurden.

Nach dem Aufmessen der versiegelten Flächen wurden die ermittelten Werte in eine Datenbank eingegeben und der Versiegelungsgrad berechnet (AIBM 2001a). Die terrestrischen Daten enthalten bezogen auf die Blockschlüssel der ISU 5 Angaben zu bebaut und unbebaut versiegelten Flächen. Straßen, die sich zwischen verschiedenen Blöcken befinden, werden als Grenzstraßen gesondert aufgemessen und berechnet (AIBM 2001a). Diese gehen in die vorliegende Untersuchung jedoch nicht ein.

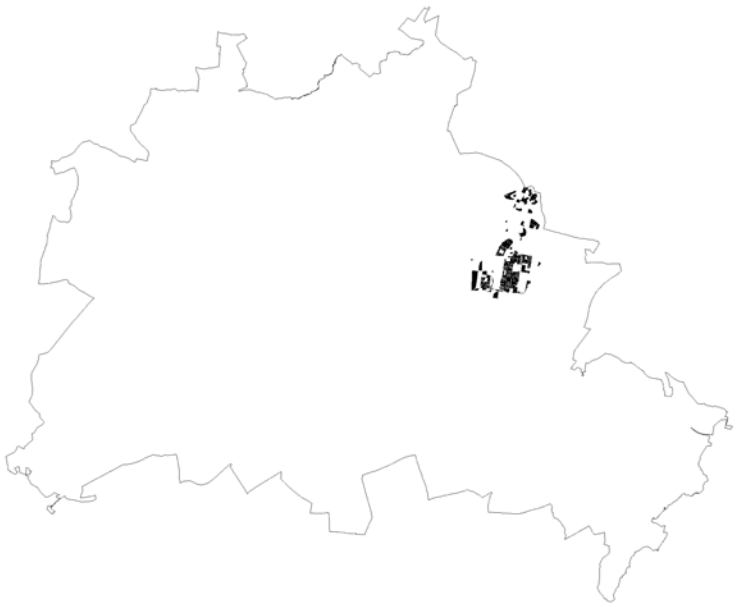
3.6.5 Besonderheiten und Einschränkungen

Die terrestrischen Daten liegen nur für einen kleinen Teil Berlins, nämlich für die neun statistische Gebiete in Marzahn vor. Des Weiteren wurden die zum Erhebungszeitraum bestehenden Baustellen, deren Zustand es nicht erlaubte, Aussagen über künftige Nutzungen zu machen, nicht aufgemessen und mit einem Sternchen gekennzeichnet. In dem zu untersuchenden Datenbestand fehlen diese Flächen.

Bei den statistischen Blöcken 180 und 184 gab es Probleme bei der Übertragung der von der Senatsverwaltung eingeteilten Blockteilflächen und deren Nutzung. Während der Begehungen durch die Mitarbeiter der AIBM wurden andere Nutzungen und Blockflächeneinteilungen vorgefunden und kartiert. Dadurch wurde eine neue Blockeinteilung mit neuen Flächenangaben erforderlich, die sich an der Blockeinteilung des statistischen Landesamtes orientiert und aus den Flächenangaben der Vermessungsämter bestand (AIBM 2001a). Die neue Blockeinteilung hat auch eine neue Schlüsselstruktur erhalten, sodass die beiden statistischen Gebiete 180 und 184 nicht mit den anderen Datenbeständen verglichen werden können.

3.6.6 Flächendeckung

Die terrestrische Kartierung wurde nur in Marzahn durchgeführt. Nur sieben statistische Gebiete mit 373 Block- und Teilblockflächen können für den Vergleich genutzt werden (vgl. Abb. 3.6). Die Versiegelungsgrade der Gesamtversiegelung pro Block- bzw. Teilblockfläche werden in Karte 5 dargestellt. Zwölf Klassen zeigen mit dem Farbverlauf von grün über gelb und rot bis blau die Versiegelungsgrade in Zehnprozentstufen von unversiegelt bis vollversiegelt (vgl. Karte 5).



Versiegelungsdaten der terrestrischen Kartierung Marzahn

Abb. 3.6: Flächendeckung der Terrestrischen Kartierung Marzahn

3.6.7 Beispiele des Datenbestandes

Die Tabelle 3.12 zeigt vier zufällig ausgewählte Beispieldatensätze der terrestrischen Daten. Die erste Zeile besagt für den Block mit dem Schlüssel 2101860651000000 (vgl. Tab. 3.1) einen Gesamtflächeninhalt von 28.449 m². Davon ist eine Fläche von 3.215 m² versiegelt, dies entspricht einem Versiegelungsgrad von 11,3 %. Die Gesamtversiegelung wird unterteilt in eine bebaut versiegelte Fläche von 2.361 m² und eine unbebaut versiegelte Fläche von 853 m². Dies entspricht 8,3 % bzw. 3,0 % der Gesamtfläche. Die Informationen der folgenden drei Beispiele entsprechen dem ersten.

Tab. 3.12: Beispieldatensätze der Terrestrischen Daten von Marzahn

Schlüssel	Flächeninhalt des Blocks (m²)	Versiegelung gesamt (%)	Versiegelung gesamt (m²)	bebaut versiegelt (%)	bebaut versiegelt (m²)	unbebaut versiegelt (%)	unbebaut versiegelt (m²)
2101860651000000	28.449	11,3	3.215	8,3	2.361	3,0	853
2101810021000100	25.314	46,7	11.822	13,7	3.468	33,0	8.354
2101820151000300	18.247	77,1	14.068	37,7	6.879	39,4	7.189
2101820241000300	83.954	44,6	37.443	13,5	11.334	31,1	26.110

3.7 Tabellarische Übersicht der bestehenden Versiegelungserhebungsmethoden

Tab. 3.13: Übersicht der bestehenden Erhebungsmethoden

Versiegelungsdaten	Digitaler Umweltatlas Berlin	Satellitenbildauswertung	Berliner Wasserbetriebe	Automatisierte Liegenschaftskarte	Terrestrische Kartierung Marzahn
Definition Versiegelung	Bedeckung durch feste Materialien, auch durchlässige Beläge werden als versiegelt bewertet	Bedeckung durch wasserundurchlässige Beläge	Bedeckung durch Dachflächen oder andere wasserundurchlässige Beläge	Bedeckung durch oberirdische Gebäude	Bedeckung durch feste Materialien, auch durchlässige Beläge werden als versiegelt bewertet
Aufnahmedatum	Westberlin: Satellitenbilder von 1985, 1988, 1999, 2000; CIR-Luftbilder von 1985, 1998; Ostberlin: Luftbilder von 1990,1998	Satellitenbilder von 1999, 2000	Befragung ab 1998, Stand 2001	Stand Dezember 2004	Aufnahme von 1992 bis 2001, Stand 2001
Datengrundlage	Landsat 5-Szenen, CIR-Luftbilder, SW-Luftbilder	Landsat 7-Szenen, Spot 4-Szene	ALK, Luftbilder, Grundstückseigentümer-Auskunft	ALK	Blockstruktur der ISU 5, Aufnahmebögen
Datenauswertung	Automatische Satellitenbildauswertung, multispektrale Klassifikation, mit Verifizierung durch visuelle Interpretation von Luftbildern, Aktualisierung mit Luftbildern bei 20% der Stadtfläche	Automatische Satellitenbildauswertung, Subpixel-Klassifikation, mit Verifizierung durch visuelle Interpretation von Luftbildern	Auswertung der ALK und Luftbilder, dann Befragung der Grundstückseigentümer, ggf. Aktualisierung und Aggregation auf Basis der Blockstruktur der ISU 5	Extraktion der Gebäudefläche und Aggregation auf Basis der Blockstruktur der ISU 5	Terrestrische Kartierung auf Basis der Blockstruktur der ISU 5
Besonderheiten und Einschränkungen	z.T. pauschale Zuweisung von Versiegelungswerten; enthält keine Baustellen, Straßen	Keine Unterteilung in Teilblöcke der ISU 5 sowie in bebaut und unbebaut versiegelt	Selbstauskunft der Grundstückseigentümer; Gesamtversiegelung <100m² oder 0m² gelöscht; enthält keine Bahn- und Straßenflächen	Beinhaltet ausschließlich bebaut versiegelte Flächen; Gesamtversiegelung <100m² oder 0m² gelöscht	Beinhaltet nur sieben statistische Gebiete in Marzahn, enthält keine Straßen
Flächendeckung	19.525 Block- und Teilblockflächen	12.771 Blockflächen	15.067 Block- und Teilblockflächen	17.275 Block- und Teilblockflächen	373 Block- und Teilblockflächen

4 DISKUSSION DER ERHEBUNGSMETHODEN

Die fünf dargestellten Methoden der Versiegelungsgrade in Berlin zeigen die Vielfalt der Aufnahmemöglichkeiten. Sie zeigen aber auch die verschiedenen Definitionen des Versiegelungsbegriffs (vgl. Kapitel 2.1). Während die Umweltatlas- und die terrestrischen Daten auch durchlässige Beläge komplett der Versiegelung zurechnen, werden in den andern drei Methoden entsprechend Berlekamp und Pranzas (1986), nur wasserundurchlässige Belagsarten als versiegelt angenommen. Die Definitionen sind beide in anderen deutschlandweiten Untersuchungen geläufig. Zum Teil wird aber auch keine genaue Definition für Versiegelung angegeben (z.B. in München, vgl. LANDESHAUPTSTADT MÜNCHEN REFERAT FÜR GESUNDHEIT UND UMWELT 1994). Das Institut für Ökologische Raumentwicklung e.V. Dresden (2001) und die Hamburger Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (BSU 2003) definieren die Bodenversiegelung als Bedecken bis Abdichten von Böden mit teilweise durchlässigen bis undurchlässigen Materialien.

Alle fünf Erhebungsmethoden in Berlin verwenden den Versiegelungsgrad als Kenngröße (vgl. Kapitel 2.5). Dieser ist für die kleinmaßstäbige Erhebung der praktikabelste und benötigt die wenigsten Parameter. Bundesweit ist er der gebräuchlichste und wird meist in Klassen von 10%-Schritten angegeben (vgl. z.B. IÖR 2001, BSU 2003, LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE IM FREISTAAT SACHSEN 2004).

Zusätzlich zum Gesamtversiegelungsgrad unterscheiden die Umweltatlas-, die BWB- sowie die terrestrischen Daten zwischen bebaut und unbebaut versiegelter Fläche. Die ALK-Daten geben nur die bebaut versiegelte Fläche wider. Diese Unterscheidung ist in Deutschland nicht verbreitet, spielt aber zum Einen bei der Bewertung von ökologischen Eigenschaften eine Rolle, zum Anderen ist sie aber auch für die erneute Erhebung der Versiegelung mittels einer aus mehreren Quellen zusammengefassten Methode von Bedeutung (vgl. Kapitel 7). Eine wichtige Rolle spielt die Unterscheidung zwischen unbebaut und bebaut versiegelt in der heutigen Praxis. Hier werden z.B. bei der Suche nach Entsiegelungspotentialen in einer Stadt die unbebaut versiegelten Vorrang vor den bebaut versiegelten Flächen haben, da der Abriss von Gebäuden aufgrund der Kosten meist nicht in Erwägung zu ziehen ist. Leicht durchzuführende Entsiegelungsmaßnahmen ergeben sich z.B. in sehr dicht bebauten Blockstrukturen, in deren Innenhöfen kleinteilige Bebauung und Versiegelung zugunsten neuer Begrünung entfernt werden könnte. Aber auch nicht mehr genutzte Gewerbe- und Industrieflächen weisen ein hohes Entsiegelungspotenzial auf (NETZBAND 1998, 21).

In vielen deutschen Städten wird die Versiegelung mittels einer Stadtstruktur- bzw. Nutzungsdatei ermittelt. In München wurde z.B. auf Basis der Strukturtypendatei der Anteil der versiegelten Fläche erhoben und den Versiegelungsklassen in 10%-Stufen zugewiesen. Das Institut für Ökologische Raumentwicklung e.V. Dresden (2001) hat den sieben ausgewiesenen städtebaulichen Strukturtypen jeweils einen mittleren Versiegelungsgrad zugeteilt, womit dann jeweils der Gesamtversiegelungsgrad der 116 betrachteten kreisfreien Städte ermittelt wurde. Für Berlin ermittelte IÖR (2001) einen Versiegelungsgrad von insgesamt 20 % in der Stadtregion und 29 % in der Kernstadt. Der Versiegelungsgrad des Siedlungsraumes beträgt in der Stadtregion 42 % und in der Kernstadt 44 % (vgl. Kapitel 2). Solche stadtstrukturty-

penbezogene Ansätze liefern jedoch aufgrund z.T. heterogener Stadtstrukturtypen und der blockbezogenen Daten keine genauen Versiegelungsgrade.

In den hier vorliegenden Untersuchung werden aufgrund der ISU 5-Geometrie und der Anforderungen von der Senatsverwaltung, im Gegensatz zu den Daten der IÖR-Untersuchung (2001), die Versiegelungsgrade der Straßen in allen fünf Erhebungsmethoden nicht betrachtet. Nicht alle Straßen in Berlin sind jedoch wie in der Innenstadt vollversiegelt, so haben viele Randbezirke Schotterstraßen bzw. große Randstreifen. Dadurch besteht eine große Unsicherheit an Hand dieser Datenbestände eine exakte Gesamtversiegelung abzuschätzen. Die angegebene Zahl der Senatsverwaltung von 34,7 % (SENSTADT 2004) versiegelter Fläche in Berlin ist daher nur bedingt richtig, da alle Straßenflächen der ISU 5 zu 93 % versiegelt in die Berechnung der Gesamtversiegelung eingegangen sind. Für die genaue Berechnung der Gesamtversiegelung Berlins sowie Möglichkeiten zur Empfehlung und Durchsetzung von Entsiegelungsmaßnahmen, wäre deshalb in zukünftigen Versiegelungserhebungen eine differenziertere Betrachtung der Straßen nötig.

Versiegeltes Straßenland, in der Regel in der Zuständigkeit des Landes Berlin, wird größtenteils in die Kanalisation entwässert. Die Stadt Berlin weigert sich, die fälligen Abwassergebühren an die BWB zu entrichten. Auch bei der Entscheidung des resultierenden Rechtstreits, bei dem es inzwischen um mehrstellige Millionenbeträge (Euro) geht, könnten genaue Versiegelungsdaten für das Straßenland von Bedeutung sein (KENNEWEG 2005)

Mit Ausnahme der ALK-Daten (vgl. Kapitel 3.5.2) weisen die Datenbestände ein Aufnahmedatum zwischen 2000 und 2001 auf und liegen mit Ausnahme der terrestrischen Daten von Marzahn flächendeckend für Berlin vor. Dadurch und durch den Bezug der Daten auf dieselbe Blockstruktur der ISU 5 ist ein ausführlicher Vergleich der Versiegelungsdaten selbst möglich (vgl. Kapitel 5).

Für die Erhebung flächendeckender Versiegelungsdaten gibt es verschiedene Methoden, die im Folgenden diskutiert werden. Nachstehend bietet die Tabelle 4.1 eine Auswahl und deren Unterschiede.

Tab. 4.1: Auswahl von Erhebungsmethoden (V. HAAREN 2004, 115, NETZBAND 1998, 24, 126, verändert)

Methode	Erhebungs-maßstab	Kosten der Basisdaten	Personeller Bedarf	Differenzierung	Präzision	Effizienz	Kontinuität	Vollständigkeit	Aktualität	Homogenität
Terrestrische Erhebung	bis 1:1	sehr hoch	hoch	hoch	hoch	gering	gering	gering	gering	gering
Visuelle Interpretation von CIR-Luftbildern	1:1.000 – 1:5.000	mittel	gering	hoch	hoch	mittel	gering	gering	mittel	mittel
Automatisierte Auswertung von Flugzeugscannerdaten	1:25.000 – 1:10.000	hoch	gering	hoch	hoch	mittel	gering	gering	mittel	mittel
Automatische Satellitenbildauswertung	1:50.000 – 1:10.000	gering	gering	gering	mittel	hoch	hoch	hoch	mittel	hoch
Hybride Methode der BWB	bis 1:1	sehr hoch	hoch	hoch	hoch	gering	gering	mittel	mittel	gering

Den genausten Informationsgehalt liefert eine terrestrische Kartierung. Diese ist jedoch sehr kosten- und zeitintensiv und daher nur für kleine Gebiete bzw. großmaßstäbige Kartierungen praktikabel. Die Qualität und Güte der Daten hängt maßgeblich von der Schulung der Bearbeiter ab. Die Beurteilung der Versiegelung vor Ort ist eher subjektiv. So werden mit zunehmender Anzahl von Kartierern die Daten heterogener. Ein weiteres Problem ist die Aktualität der erhobenen Daten. Auch wenn ABM-Arbeiten meist länger dauern als andere, zeigt das Beispiel Marzahn, dass selbst für eine im Verhältnis kleine Fläche von 11 Mio. m² mehrere Jahre der Erfassung benötigt werden (vgl. Tab. 3.11). Dennoch ist im Vergleich zu den anderen vier Methoden aufgrund ihrer Erhebungsmethode davon auszugehen, dass die terrestrischen Daten von Marzahn den genausten Versiegelungsgrad aufzeigen. Für zukünftige Versiegelungserhebungen von Gesamtberlin ist diese Methode jedoch schon wegen der Zeit- und Kostenintensität nicht zu erwägen. Zum Zweck der Validierung ist diese Methode für z.B. Stichproben über Gesamtberlin sehr hilfreich und praktikabel.

Zwei der vorgestellten Versiegelungserhebungen wurden mit Fernerkundungsdaten erstellt. Allgemein haben diese den Vorteil der flächendeckenden Erhebung auch in Gebieten, die nur schwer zugänglich sind, wenn z.B. der Eigentümer keinen Zutritt gewährt oder sie unter Schutz stehen. Mittels Fernerkundungsmethoden verläuft die Datenerhebung ohne Störung der Biozönose in diesen Gebieten. Dadurch bieten sich periodische Aufnahmen an, die ein permanentes Monitoring ermöglichen (V. HAAREN 2004, 116). Die Verwendung von Fernerkundungsmethoden zum Monitoring ist jedoch maßstabsabhängig. Werden Versiegelungsdaten, wie in Berlin, auf Basis der Blockflächen geführt, ist ein Monitoring schwierig, da so

nur starke Veränderungen aufgezeigt werden können. Wird jedoch auf einer Blockfläche einerseits etwas entsiegelt und eine andere Fläche neu versiegelt, hebt sich die Ver- bzw. Entsiegelung gegenseitig auf, im Monitoring aber ist auf der Gesamtfläche kein Unterschied festzustellen. Für das Monitoring in der Abwasserberechnung müssen aus diesem Grund großmaßstäbigere, am besten flurstücksgenaue Versiegelungsdaten vorhanden sein. Netzband (1998) nennt für diese Flächen eine Mindestauflösung von 5 m (NETZBAND 1998, 124).

Durch die Sicht von oben bilden Fernerkundungsdaten nur die oberste Schicht ab. Darunter liegende Informationen werden verdeckt. Baumkronen verdecken Straßen und Gebäude, oder begrünte Tiefgaragen werden als unversiegelte Vegetationsfläche bewertet. Netzband (1998) sieht darin kein Problem, da die Vegetationsbedeckungen auch auf versiegelten Flächen ökologisch positive Auswirkungen, wie klimatische, lufthygienische und luftverbessernde Effekte haben (NETZBAND 1998, 122). Diese Sichtweise ist abhängig von der Fragestellung. Für stadtklimatische Bedingungen reicht diese Annahme meist aus und ist somit ohne größeren Aufwand mit Fernerkundungsdaten zu erfassen. Für die genaue Erhebung der Versiegelung für z.B. die Abwasserberechnung ist diese Sichtweise jedoch nicht ausreichend. Die Lage und Größe einer Baumscheibe ist hierbei ebenso wichtig, wie das Vorkommen von Tiefgaragen.

Eine in Berlin durchgeführte Versiegelungserhebung durch Auswertung von Flugzeugscannerdaten konnte in dieser Untersuchung nicht miteinbezogen werden. Sie bietet gleichzeitig eine hohe geometrische Auflösung und multispektrale Daten. NETZBAND (1998) nennt zwei Versiegelungserhebungen mittels dieser Daten in Karlsruhe und Graz (NETZBAND 1998, 39f). Allerdings werden sie aufgrund der hohen Kosten der Befliegung und der schwierigen Entzerrung der verschiedenen Flugstreifen nicht oft genutzt.

In Berlin wurden die Umweltatlasdaten ursprünglich mittels einer automatisierten Satellitenbildauswertung erfasst und durch die visuelle Interpretation von Luftbildern verifiziert und aktualisiert. Die verwendeten Landsat 5-Szenen haben eine Auflösung von 30 x 30 m, wodurch es kaum Bildpunkte gibt, die nur eine Oberflächenbedeckung zeigen. Mischpixel sind sehr häufig. Diese Satellitenbilder eigenen sich für eine Kartierung im Maßstab 1:50.000. Die Erhebungsmethode des Digitalen Umweltatlas Berlin ist ein über Jahre gewachsenes Gebilde, dessen Schwächen verringert und dessen Fehler immer wieder korrigiert wurden. Auch durch die Anwendung der Nutzungsdatei ist dieser Datenbestand mit Ausnahme der zugewiesenen Pauschalwerte sehr genau. Diese Methode ist jedoch für zukünftige Versiegelungserhebungen nicht wiederholbar.

Die Erhebung mittels einer automatischen Satellitenbildauswertung ist dagegen relativ kostengünstig und wiederholbar. Ein Vorteil der Satellitenbildauswertung ist die vergleichsweise große Geländeabbildung unter gleichen Aufnahmebedingungen (ALBERTZ 2001, 227).

Durch die Möglichkeit der Aufnahme von Spektralbereichen außerhalb des sichtbaren Bereichs, z.B. dem Infrarot, können durch Satellitendaten zusätzliche Informationen, z.B. über die Biotopmassenverteilung, gewonnen werden. Ein weiterer Vorteil ist die digitale Darreichung, die eine Verarbeitung in einem Geoinformationssystem vereinfacht.

Nachteile sind die durch die Umlaufbahn bedingte zeitliche Einschränkung der Aufnahme eines Gebietes. Des Weiteren ist, aufgrund der Vielzahl unterschiedlicher Objekte, die zum Teil homogene und zum Teil heterogene Strukturen und damit Reflexionseigenschaften aufweisen, die automatisierte Klassifizierung urbaner Flächen aus Satellitenbildern schwierig. „Ein Schotterweg, der zumindest halbwegs durchlässig ist, unterscheidet sich hinsichtlich der spektralen Reflexion nur marginal von einer fest versiegelten Straße, die vollständig versiegelt ist“ (TUB 201, 12). In der Konzeptstudie der TU-Berlin wird versucht, diesem Problemen mittels der Subpixel-Klassifikation entgegenzuwirken. Die begrenzte Bodenauflösung von Satellitendaten kann die oft kleinteiligen, stark unterteilten städtischen Strukturen nicht ausreichend unterscheiden. Dadurch können nur großräumige, also klein- bis mittelmaßstäbige Aussagen getroffen werden. Versiegelungserhebungen mit hochauflösenden Satellitendaten (z.B. IKONOS-Daten in Mainz von FISCHER-STABEL et al. 2004) und Flugzeugscannerdaten (z.B. HyMap-Daten in Dresden von HEIDEN 2004) werden zur Zeit erforscht und können nur für kleine Flächen durchgeführt werden. Hier treten auch neue Schwierigkeiten mit starken Verkippungen und großen Schattenbereichen auf[14]. Für zukünftige Versiegelungserhebungen ist die Verwendung von Satellitenbildern dennoch auf jeden Fall zu beachten. Gerade aber bei Städten müssen für die Auswertung der Versiegelung von z.B. Hinterhöfen andere Informationsquellen hinzugezogen werden.

Die visuelle Interpretation von CIR-Luftbildern wird meist ergänzend zu anderen Verfahren genutzt. Die Ergebnisse einer Luftbildauswertung hängen stark von der Qualität und dem Zeitpunkt der Aufnahme ab. Bei zur Vegetationszeit aufgenommenen Luftbildern können Bäume die Bodenverhältnisse verdecken. Außerdem entstehen Einschränkungen durch Schattenwurf und durch von Neigungswinkeln verursachte Verdeckungen (BERLEKAMP/PRANZAS 1990, 50). Zum Teil kommt es jedoch bei Auswertungen von Satellitenbildern, die außerhalb der Vegetationszeit aufgenommen wurden, zu Überschätzungen der Versiegelung.

Die Methode der BWB zeigt ein hybrides Verfahren die Versiegelung mittels der ALK-Daten, Luftbildern und der Befragung der Kunden grundstücksgenau zu erfassen. Der Interessenkonflikt zwischen Kunde und den BWB spielt jedoch bei der Selbstauskunft über die versiegelte Fläche eine entscheidende Rolle. Der Kunde ist daran interessiert eine möglichst kleine versiegelte Fläche anzugeben, um Gebühren zu senken. Diese Angaben sind von den BWB zu überprüfen, wodurch enorme Kosten entstehen. In vielen Fällen werden die BWB den Einwendungen der Kunden bei wenigen Quadratmetern nachgegeben haben, um so Auseinandersetzungen und damit Kosten zu sparen. Dennoch sind die BWB-Daten aufgrund ihrer Erhebungsmethode sehr genau, jedoch auch sehr kosten- und zeitintensiv. Die flurstücksgenaue Geometrie wäre für zukünftige Versiegelungserhebungen optimal, darf aber aus datenschutzrechtlichen Gründen nicht weitergegeben werden. Des Weiteren wird die Geometrie

[14] Vgl. auch: QuickBird-Daten in Berlin von DAMM et al. 2005; HRSC-AX-, QuickBird- und IKONOS-Daten in Berlin und Seoul von KIM et al. 2005; SPOT4- und SPOT5-Daten in Nordbelgien von RAYMAEKERS et al. 2005; ASTER-Daten von NETZBAND et al. 2005; QuickBird- und IKONOS-Daten in Freiberg, Dresden und Chemnitz von MATERJKA&KÜHNEN 2003.

aus Gründen des Arbeitsaufwandes nicht mehr aktualisiert. Nur die Datenbank wird BWB-intern weitergeführt und ist somit nicht für zukünftige Erhebungen zu verwenden.

Die ALK-Daten bilden die letzte Versiegelungserhebung dieser Untersuchung. Sie gibt nur die bebaut versiegelte Fläche wider, ist aber sehr genau. Die ALK bietet die einzige Möglichkeit die Unterflurversiegelung herauszufiltern, da hier auch Tiefgaragen, Keller usw. aufgenommen werden. Die ständige Aktualisierung der ALK durch die Bezirksämter und die Flächendeckung machen die ALK-Daten auch für zukünftige Erhebungen interessant. Da die ALB und ALK flächendeckend für jedes Bundesland geführt werden (HAKE&GRÜNREICH 1994, 502ff), ist die Verwendung dieser Daten deutschlandweit möglich.

Für eine zukünftige Versiegelungserhebung in Berlin empfiehlt es sich, einige der oben genannten Methoden zu kombinieren. Die Methoden des Digitalen Umweltatlas Berlin und der BWB fallen für weitere Erhebungen aus. Auch eine flächendeckende terrestrische Kartierung ist für Berlin nicht durchführbar. Sie kann aber z.T. als Verifizierung anderer Methodenergebnissen dienen. Vor allem sind aber Satellitenbilder, Luftbilder und die ALK-Daten von Bedeutung. Durch die Kombination können Schwächen und Fehler einer Methode mit Stärken anderer Methoden ergänzt werden. Durch eine Modifikation der automatischen Satellitenbildauswertung kann diese zu einer flächendeckenden, schnellen und reproduzierbaren Methode verwandelt werden. Mittels der ALK-Daten können die bebauten Flächen herausmaskiert werden, was eine Arbeitserleichterung darstellt. So können auch bebaute Flächen unter Bäumen und die im Satellitenbild nicht zu erkennenden Unterflurversiegelungen herausgezogen werden. Vorhandene Vektordaten, wie die ISU 5, mit z.B. sämtlichen Wasserflächen bieten die Möglichkeit diese mit einem Versiegelungsgrad von 0 % von vornherein von der Auswertung auszuschließen, wodurch die bekannten Differenzierungsprobleme bei der Satellitenbildauswertung von kritischen Oberflächen stark reduziert werden könnte. Luftbilder stellen in jedem Fall eine Erleichterung bei der Verifizierung dar, da Feldstudien so reduziert werden können. Die in Berlin vorhandene Nutzungsdatei auf der Blockflächenstruktur der ISU 5 kann bezüglich der gesonderten Betrachtung verschiedener Nutzungen auch eine Erleichterung bewirken (vgl. Kapitel 6).

5 VERGLEICH DER BESTEHENDEN VERSIEGELUNGSDATEN

Nachdem in den vorherigen Kapiteln die unterschiedlichen Erhebungsmethoden der bestehenden Versiegelungsdaten von Berlin gezeigt und diskutiert wurden, sollen in diesem Kapitel die Versiegelungsdaten selbst verglichen werden.

Dabei sollen folgende Thesen und Fragen bestätigt, widerlegt oder beantwortet und anschließend diskutiert werden.

- Einige Datenbestände sind sich ähnlich, andere nicht. So werden z.B. die BWB-Daten und die ALK-Daten vor allem in der Kategorie bebaut versiegelt übereinstimmen, da die BWB-Daten aus der ALK entwickelt worden sind. Es soll herausgearbeitet werden, wo Übereinstimmungen oder Differenzen bestehen.
- Wie stehen die Datenbestände im Verhältnis pro Blockfläche zueinander? Lassen sich aus dem Vergleich von Gesamtberlin Rückschlüsse auf methodische Fehler ziehen?
- Die ALK-Daten stellen nur die bebaut versiegelte Fläche dar. Blöcke, deren Gesamtversiegelung von anderen Erhebungsmethoden niedriger bewertet wird, sind genauer zu untersuchen.
- Bei der Berechnung der Differenzen zweier Datenbestände bestehen wahrscheinlich Fehler bei sehr kleinen Blockflächen. Bei großen Blockflächen dagegen können sich positive und negative Abweichungen eher ausgleichen. Es soll also geklärt werden, ob Übereinstimmungen bzw. Differenzen zwischen den Datenbeständen blockflächengrößenabhängig sind.
- Eine weitere Frage besteht darin, ob die Übereinstimmungen bzw. Differenzen nutzungsabhängig sind. Bei den bebaut versiegelten Flächen weichen die Datenbestände wahrscheinlich weniger voneinander ab als bei den unbebaut versiegelten Flächen. Es soll herausgearbeitet werden, bei welcher Nutzung sich die verschiedenen Erhebungsmethoden deutlich unterscheiden und woran das liegen könnte. Oft lassen sich die Unterschiede methodisch erklären.
- Aufgrund ihrer Erhebungsmethode kann davon ausgegangen werden, das die terrestrischen Daten von Marzahn im Vergleich besonders bei den unbebauten Flächen genauer sind. Es stellt sich daher die Frage, welche anderen Datenbestände gut mit diesen Daten übereinstimmen und welche nicht. Daraus lassen sich Rückschlüsse auf die Genauigkeit des mit den terrestrischen Daten verglichenen Datenbestandes ziehen.
- Die ALK erhebt den Anspruch, dass jedes nach dem Baugesetzbuch rechtskräftige Gebäude kartiert ist. Es ist daher zu klären, ob die daraus erhobenen Versiegelungsdaten für die bebaut versiegelte Fläche fehlerfrei sind und in wie weit man die ALK für zukünftige Versiegelungserhebungen für die bebaut versiegelte Fläche nutzen kann.

- Es ist zu prüfen, wie genau die Satellitenbildauswertung besonders in der Erhebung der unbebaut versiegelten Fläche ist. Diese Methode ist durch ihre verhältnismäßig geringen Kosten und Reproduzierbarkeit für zukünftige Versiegelungserhebungen interessant.
- Die über Jahrzehnte gewachsene Erhebungsmethode des Digitalen Umweltatlas Berlin und die mit großem finanziellen Aufwand erhobenen BWB-Daten sind für zukünftige, neue Versiegelungserhebungen eher uninteressant. Dennoch lassen sich daraus im Vergleich mit anderen Daten für bestimmte Nutzungen Erkenntnisse ziehen, die zur Validierung genutzt werden können.

Für die Vergleiche wurden alle fünf Datenbestände auf die gleiche Struktur gebracht. Hierzu mussten z.T. Reduzierungen vorgenommen werden, die in Kapitel 5.1 weiter beschrieben werden. Jeder Datenbestand besteht aus mehreren Datensätzen. Jeder Datensatz hat einen eindeutigen Schlüssel und gibt Informationen für einen Block bzw. Teilblock in Berlin. Jeder Datensatz gibt weiterhin Informationen zur Gesamtfläche in m² des Blocks und zu den versiegelten Flächen. Dabei wird in drei Kategorien unterschieden, die je nach Datenbestand nur zum Teil vorhanden sind. Die Kategorie Gesamtversiegelung beschreibt die gesamte Versiegelung einer Fläche in m². Diese kann in zwei weitere Kategorien unterteilt werden. Unter die Kategorie bebaut versiegelte Fläche in m² fallen alle Flächen, die mit Gebäuden bedeckt sind. Zur Kategorie unbebaut versiegelte Fläche zählen alle anderen versiegelten Flächen, wie z.B. Wege und Terrassen. Alle drei Kategorien werden zum besseren Vergleich auch in Prozent angegeben.

Um die verschiedenen Datenbestände miteinander vergleichbar zu machen, wurden sie alle auf die Blockstruktur der ISU 5 bezogen (vgl. Kapitel 3.1). Jeder Vergleich basiert also auf der gleichen Bezugsfläche. Für die jeweiligen Vergleiche wird immer die kleinste gemeinsame Teilmenge an Blockflächen genutzt. Bei jedem Vergleich wird im Folgenden immer die gemeinsame Blockflächenanzahl angegeben.

Es können immer jeweils zwei Datenbestände mit den gleichen Informationen, d.h. in der gleichen Kategorie, verglichen werden. Ebenso werden nur Block- mit Block- und Teilblock- mit Teilblockflächen mit jeweils dem gleichen Schlüssel verglichen. Da die Satellitendaten nur auf Blockebene vorliegen, müssen die anderen Daten für den Vergleich auch auf diese Ebene gebracht werden. Hierfür wurden die Teilblöcke gruppiert und die dazugehörigen Quadratmeterangaben summiert. Darauf folgte eine neue Berechnung der Prozentangaben.

Die folgenden Unterkapitel zeigen die allgemeinen Informationen und Vergleiche, bei denen meistens die Gesamtdatenbestände verglichen werden. Zuerst werden die mittleren Versiegelungsflächen und –grade der kleinsten gemeinsamen Teilmenge an Blockflächen miteinander verglichen. Dann folgt die Untersuchung der Vergleiche der mittleren Differenz der absoluten Versiegelungsdaten in m² und Versiegelungsgrade in % sowie das Verhältnis zweier Datensätze zueinander. Das Verhältnis wird anschließend auf Ebene der einzelnen Blockflächen berechnet und in den Karten 6 bis 9 dargestellt. Ein weiterführender Vergleich mit den ALK-Daten soll weitere methodische Fehler aufdecken. Die flächengrößenbezogenen, nutzungsspezifischen und stadtstrukturtypischen Vergleiche erfolgen jeweils über die

mittlere Differenz zweier Datensätze. Zum besseren Vergleich werden die Differenzen der absoluten Werte prozentual zu der angenommenen durchschnittlichen Blockfläche von 29.000 m²[15] ausgedrückt. Zum Schluss verdeutlichen beispielhaft drei ausgewählte Einzelvergleiche die methodischen Fehlerquellen.

Dabei zeigen die Vergleiche Übereinstimmungen und Unterschiede der Datenbestände. Sie zeigen jedoch nicht, welcher Datenbestand der Realität entspricht. Diese lässt sich nur aus nahezu gleichen Versiegelungsbewertungen durch die unterschiedlichen Erhebungsmethoden schließen.

Für die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung ist bei den durchschnittlichen Vergleichen der bestehenden Versiegelungsdaten der Gesamtdatenbestände eine Differenz der Versiegelungswerte in m² pro Block bis 5 % tragbar (GOEDECKE&SCHNEIDER 2005). Daraus ergibt sich folgende Bewertungsskala (vgl. Tab. 5.1):

Tab. 5.1: Bewertung der Differenz der Versiegelungsdaten

Differenz der m²-Angaben zur Gesamtfläche	0 %	< 5 %	5 – 10 %	10 – 15 %	> 15 %
Bewertung	keine	gering	mittel	hoch	sehr hoch

Die dargestellten Berechnungen erfolgten mit zwei Stellen hinter dem Komma mit dem Programm Microsoft Excel. Im folgenden Text wird jedoch nur bei den Prozentangaben eine Kommastelle dargestellt. Diese gibt aber nur eine scheinbare Genauigkeit wider.

Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht, welche Vergleiche zweier Datenbestände möglich sind und durchgeführt (+) werden. Vergleiche, die aufgrund einer Blockflächenanzahl von <100 nicht durchgeführt werden, sind mit einem Kreis (o) gekennzeichnet. Vergleiche, die aufgrund keiner gemeinsamen Bezugsfläche bzw. Versiegelungskategorie wegfallen, sind mit einem Minus (-) gekennzeichnet. Vergleiche, die aufgrund der zeitlichen Begrenzung dieser Untersuchung nicht durchgeführt wurden, sind mit einem doppelten Minus (--) gekennzeichnet (vgl. Tab. 5.2).

[15] Angenommene durchschnittliche Blockfläche aller Datenbestände, da die durchschnittlichen Blockflächen der Datenbestände zwischen 26.000 und 33.000 m² liegen.

Tab. 5.2: Übersicht der potenziellen Vergleiche

Vergleich	1 Umweltatlasdaten und ALK-Daten	2 Umweltatlasdaten und Satellitendaten	3 Umweltatlasdaten und BWB-Daten	4 Umweltatlasdaten und terrestrische Daten	5 BWB-Daten und Satellitendaten	6 BWB-Daten und ALK-Daten	7 BWB-Daten und terrestrische Daten	8 Terrestrische Daten und ALK-Daten	9 Satellitendaten und terrestrische Daten	10 ALK-Daten und Satellitendaten
Gesamtvergleich										
Gesamtversiegelung	-	+	+	+	+	-	+	-	+	-
bebaut versiegelte Fläche	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-
unbebaut versiegelte Fläche	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-
Mittlere Differenz zweier Datenbestände										
Gesamtversiegelung	-	+	+	+	+	-	+	-	+	-
bebaut versiegelte Fläche	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-
unbebaut versiegelte Fläche	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-
Mittlere Differenz zweier Datenbestände im Verhältnis										
Gesamtversiegelung	-	+	+	+	+	-	+	-	+	-
bebaut versiegelte Fläche	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-
unbebaut versiegelte Fläche	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-
Versiegelungswerte im Verhältnis pro Blockfläche										
Gesamtversiegelung	-	+	+	--	--	-	--	-	--	-
bebaut versiegelte Fläche	+	-	+	--	-	--	--	--	-	-
unbebaut versiegelte Fläche	-	-	--	--	-	-	--	-	-	-
Weiterführende Vergleiche mit den ALK-Daten										
bebaut versiegelte Fläche der ALK-Daten > Gesamt-versiegelung	+	-	-	-	-	+	-	+	-	+
Flächengrößenbezogener Vergleich										
Gesamtversiegelung	-	+	+	o	+	-	o	-	o	-
bebaut versiegelte Fläche	+	-	+	o	-	+	o	o	-	-
unbebaut versiegelte Fläche	-	-	+	o	-	-	o	-	-	-

+ Vergleiche zweier Datenbestände sind möglich und werden durchgeführt,
o Vergleiche, die aufgrund einer Blockflächenanzahl von <100 nicht durchgeführt werden,
- Vergleiche ohne gemeinsame Bezugsfläche bzw. Versiegelungskategorie,
-- Vergleiche, die aufgrund der zeitlichen Begrenzung dieser Untersuchung nicht durchgeführt wurden.

Vergleich	**1 Umweltatlasdaten und ALK-Daten**	**2 Umweltatlasdaten und Satellitendaten**	**3 Umweltatlasdaten und BWB-Daten**	**4 Umweltatlasdaten und terrestrische Daten**	**5 BWB-Daten und Satellitendaten**	**6 BWB-Daten und ALK-Daten**	**7 BWB-Daten und terrestrische Daten**	**8 Terrestrische Daten und ALK-Daten**	**9 Satellitendaten und terrestrische Daten**	**10 ALK-Daten und Satellitendaten**
Nutzungsspezifischer Vergleich (vgl. Tab. 5.16, 5.17)										
Wohngebiet (10)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Mischgebiet (21-23)	+	+	+	o	+	+	o	o	o	-
Kerngebiet (30)	+	+	+	o	+	+	o	o	o	-
Gewerbe- und Industriegebiet (40)	+	+	+	o	+	+	o	o	o	-
Gemeinbedarfs- und Sondernutzungen (50)	+	+	+	o	+	+	o	o	o	-
Ver- und Entsorgungseinrichtungen (60)	+	o	+	o	o	+	o	o	o	-
Wochenendhausgebiet (70)	o	o	o	o	o	o	o	o	o	-
Verkehrsfläche (80)	+	+	+	o	+	+	o	o	o	-
Wald (100-102)	o	o	o	o	o	o	o	o	o	-
Park, Grünfläche (130)	+	+	+	o	+	+	o	o	o	-
Stadtplatz/Promenade (140)	o	+	o	o	o	o	o	o	o	-
Friedhof (150)	+	o	+	o	o	+	o	o	o	-
Kleingarten (160-162)	+	+	+	o	o	+	o	o	o	-
Brachfläche (171-174)	+	+	+	o	o	o	o	o	o	-
Campingplatz (180)	o	o	o	o	o	o	o	o	o	-
Sportplatz/Freibad (190)	+	o	+	o	o	+	o	o	o	-
Baumschule/Gartenbau (200)	o	o	o	o	o	o	o	o	o	-

+ Vergleiche zweier Datenbestände sind möglich und werden durchgeführt,
o Vergleiche, die aufgrund einer Blockflächenanzahl von <100 nicht durchgeführt werden,
- Vergleiche ohne gemeinsame Bezugsfläche bzw. Versiegelungskategorie,
-- Vergleiche, die aufgrund der zeitlichen Begrenzung dieser Untersuchung nicht durchgeführt wurden.

Vergleich	**1 Umweltatlasdaten und ALK-Daten**	**2 Umweltatlasdaten und Satellitendaten**	**3 Umweltatlasdaten und BWB-Daten**	**4 Umweltatlasdaten und terrestrische Daten**	**5 BWB-Daten und Satellitendaten**	**6 BWB-Daten und ALK-Daten**	**7 BWB-Daten und terrestrische Daten**	**8 Terrestrische Daten und ALK-Daten**	**9 Satellitendaten und terrestrische Daten**	**10 ALK-Daten und Satellitendaten**
Stadtstrukturtypenvergleich (vgl. Tab. 5.25)										
Geschlossene Blockbebauung der Gründerzeit mit Seitenflügeln und Hinterhäusern (A)	+	+	+	o	+	+	o	o	o	-
Geschlossene Blockrandbebauung der Gründerzeit mit geringem Anteil an Seiten- und Hintergebäuden (B)	+	+	+	o	+	+	o	o	o	-
Geschlossene Blockrandbebauung der Gründerzeit mit massiven Veränderungen (C)	+	+	+	o	+	+	o	o	o	-
Geschlossene bis offene Blockrand- und Zeilenbebauung der 20er und 30er Jahre (D)	+	+	+	o	+	+	o	o	o	-
Offene Zeilenbebauung der 50er bis 70er Jahre (E)	+	+	+	o	+	+	o	o	o	-
Offene, hohe Bebauung der Nachkriegszeit (F)	+	+	+	o	+	+	o	o	o	-
Offene, niedrige Bebauung mit Hausgärten (H)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Offene Villenbebauung mit parkartigen Gärten (I)	+	+	+	o	+	+	o	o	o	-
Offene Bebauung mit Gärten und halbprivater Umgrünung (J)	+	+	+	o	+	+	o	o	o	-
Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Handel / Dienstleistung (L)	+	+	+	o	+	+	o	o	o	-
Geringe Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Gewerbe / Industrie (M)	+	+	+	o	+	+	o	o	o	-
Dichte Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Gewerbe / Industrie (N)	+	o	+	o	o	+	o	o	o	-
Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Gemeinbedarf und Sondernutzung (O)	+	+	+	o	+	+	o	o	o	-
Nicht oder gering bebaute Grün- und Freiflächen (P)	+	+	+	o	+	+	o	o	o	-
Nicht oder gering bebaute Verkehrsflächen ohne Straßenland (Q)	+	+	+	o	+	+	o	o	o	-

+ Vergleiche zweier Datenbestände sind möglich und werden durchgeführt,

o Vergleiche, die aufgrund einer Blockflächenanzahl von <100 nicht durchgeführt werden,

- Vergleiche ohne gemeinsame Bezugsfläche bzw. Versiegelungskategorie,

-- Vergleiche, die aufgrund der zeitlichen Begrenzung dieser Untersuchung nicht durchgeführt wurden.

5.1 Reduzierung der Datenbestände auf die zum Vergleich geeigneten Daten

Im Folgenden werden die Originaldatenbestände auf die zum Vergleich geeigneten Datensätze reduziert und anschließend allgemein, im Bezug zu den ALK-Daten, flächengrößenbezogenen, nutzungsspezifischen und stadtstrukturtypischen verglichen und zueinander ins Verhältnis gesetzt.

5.1.1 Versiegelungsdaten des Digitalen Umweltatlas Berlin

Der Datenbestand des Digitalen Umweltatlas Berlin besteht aus Informationen zu der bebaut und unbebaut versiegelten Fläche sowie der Gesamtversiegelung. Es wird in Block- und Teilblockflächen unterschieden. Für den Vergleich wurden die Pauschalwerte für die Nutzungen

- Wald (NUTZ = 100),
- Waldgebiet (101),
- Waldartige Bestände außerhalb der Berliner Forsten (102),
- Gewässer (110),
- Baustellen (90),
- Grünland (Wiesen u. Weiden) (121),
- Ackerland (122),
- Park, Grünfläche (130),
- Brachfläche, vegetationsfrei, unversiegelt (171),
- Brachfläche, wiesenartiger Vegetationsbestand (172),
- Brachfläche, Mischbestand aus Wiesen, Gebüsch und Bäumen (173) und
- Brachfläche, waldartiger Vegetationsbestand (174)

gelöscht. Hierdurch sind für die Vergleiche nur die tatsächlich ermittelten Werte vorhanden. Der Datenbestand des Digitalen Umweltatlas Berlin hat 19.525 Block- und Teilblockflächen mit den jeweiligen oben genannten Angaben in Quadratmetern und Prozent (Originaldatenbestand: 24.584). Der gleiche Datenbestand hat auf der reinen Blockstruktur 14.680 Flächen.

5.1.2 Versiegelungsdaten der Satellitenbildauswertung

Die Satellitendaten sind auf Blockebene vorhanden und geben nur die Gesamtversiegelung in Quadratmetern und Prozent an. Da die Nutzungsdatei der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung nur auf Teilblockebene vorliegt, haben alle geteilten Blöcke keine Nutzung zugewiesen. Die Satellitendaten haben für die Vergleiche 14.651 Blockflächen (Originaldatenbestand: 15.222).

5.1.3 Versiegelungsdaten der Berliner Wasserbetriebe

Die BWB-Daten haben Informationen zu der bebaut und unbebaut versiegelten Fläche sowie der Gesamtversiegelung. Es wird in Block- und Teilblockflächen unterschieden. Für den Vergleich werden alle Datensätze gelöscht, deren Gesamtversiegelung weniger als 100 m² be-

trägt, da diese Splitterflächen durch die Verschneidung der auf der ALK basierenden Geometrie der BWB mit der ISU 5 entstanden sind.

Ebenso entfallen Datensätze, die eine Gesamtversiegelung von 0 m² haben, da diese meist die Nutzung Wald, Acker, Kleingarten oder Park, Grünfläche haben. Hier können die BWB kein Abwassergeld berechnen, wodurch diese Flächen wahrscheinlich nicht bewertet wurden. Datensätze, deren unbebaut versiegelte Fläche 0 m² beträgt, werden für die Untersuchung beibehalten, obwohl diese wahrscheinlich von Seite der BWB auch nicht betrachtet wurden.

Die BWB-Daten haben 15.067 Block- und Teilblockflächen mit den jeweiligen oben genannten Angaben in Quadratmetern und Prozent (Originaldatenbestand: 24.108). Der gleiche Datenbestand hat zusammengefügt auf der reinen Blockstruktur 11.731 Flächen.

5.1.4 Versiegelungsdaten aus der Automatisierten Liegenschaftskarte

Die ALK-Daten bestehen aus der Angabe der bebaut versiegelten Fläche auf Block- und Teilblockebene. Die Datensätze, deren Gesamtversiegelung <100 m² sind, wurden zum Vergleich gelöscht, da diese Splitterflächen durch die Verschneidung der ALK mit der ISU 5 entstanden sind. Block- und Teilblockflächen mit 0 % bebaut versiegelter Fläche sind nicht aufgelistet. Der ALK-Datenbestand beinhaltet 17.275 Flächen (Originaldatenbestand: 18.561).

5.1.5 Versiegelungsdaten der terrestrischen Kartierung Marzahn

Die terrestrischen Daten von Marzahn bestehen aus Informationen zu der bebaut und unbebaut versiegelten sowie der gesamtversiegelten Fläche. Flächen, die nur Angaben zur Gesamtversiegelung, aber keine Unterteilung in unbebaut und bebaut versiegelt hatten, wurden gelöscht. Der Datenbestand hat 369 Flächen (Originaldatenbestand: 634). Der gleiche Datenbestand hat auf Ebene der Blockstruktur 230 Blockflächen.

5.2 Allgemeine Informationen und Gesamtvergleiche

Tabelle 5.3 gibt allgemeine Informationen zu den einzelnen Datenbeständen. Die Umweltatlasdaten haben nach den vorgenommenen Kürzungen (vgl. Kapitel 5.1) mit einer Gesamtblockanzahl von 19.252 die meisten Block- und Teilblockflächen. Mit einer Gesamtfläche von 520 Mio. m² decken sie nach den ALK-Daten den zweitgrößten Teil des Stadtgebiets ab. Sie weisen für die betrachtete Fläche einen Gesamtversiegelungsgrad von 42,3 %, einen bebaut versiegelten Flächenanteil von 18,5 % und einen unbebaut versiegelten Flächenanteil von 23,8 % auf. Die Satellitendaten decken mit 14.651 Blöcken ca. 625 Mio. m² des Berliner Stadtgebietes ab. Diese Erhebung ergibt einen Gesamtversiegelungsgrad von 36,6 %. Die BWB-Daten haben eine Gesamtblockanzahl von 15.067 und decken ca. 440 Mio. m² von Berlin ab. Ihr Gesamtversiegelungsgrad von 33,3 % teilt sich in 17,9 % bebaut versiegelte Fläche und 15,4 % unbebaut versiegelte Fläche. Die ALK-Daten beinhalten eine Fläche von ca. 524 Mio. m² und 17.275 Blöcke. Sie zeigen eine bebaut versiegelte Fläche von 17,4 %. Im letzten und kleinsten Datensatz mit 369 Blöcken und einer Gesamtfläche von ca. 11 Mio. m² wird die Gesamtversiegelung mit 36,3 % berechnet. Davon fallen 13,0 % auf die bebaut versiegelte Fläche und 23,3 % auf die unbebaut versiegelte Fläche. Die Mini-

mum- und Maximumwerte zeigen die jeweilige niedrigste bzw. höchste Versiegelungsbewertung in m² pro Datenbestand. Während die Minima mit Ausnahme der BWB- und ALK-Daten, die durch die vorangegangene methodische Reduzierung 100 m² aufzeigen, jeweils vollständig unversiegelte Flächen angeben (0 m²), sind die Maxima z.T. unterschiedlich hoch. Der Mittelwert gibt den Durchschnitt der jeweiligen Versiegelungsbewertung in m² an. Der Median zeigt den Wert an, der dem Mittelwertsmaß der jeweiligen Versiegelungskategorie eines Datenbestandes entspricht. Der Modalwert, der bei den zu vergleichenden Daten meist 0 m² beträgt, zeigt den häufigsten Versiegelungswert an. Zuletzt werden pro Datenbestand und Versiegelungskategorie die Standardabweichung und die Varianz angegeben (vgl. Tab. 5.3). Die in der folgenden Tabelle berechneten Versiegelungsdaten lassen sich jedoch aufgrund ihrer unterschiedlichen Bezugsflächen nicht direkt miteinander vergleichen (Beyer et al. 1980, 120ff).

Tab. 5.3: Informationen pro Datenbestand ohne gemeinsame Bezugsfläche

	Umweltatlas-daten	Satelliten-daten	BWB-Daten	ALK-Daten	Terrestrische Daten
Anzahl der Blöcke und Teilblöcke	19.525	14.651	15.067	17.275	369
Anzahl der Blöcke	11.814	14.651	9.489	10.777	206
Anzahl der Teilblöcke	7.711	-	5.578	6.498	163
Gesamtfläche (m²)	520.258.535	624.804.444	441.404.107	523.914.882	11.014.909
Gesamtversiegelung					
m²	220.367.241	228.789.138	147.061.209	-	4.003.177
%	42,3	36,6	33,3	-	36,3
Maximum (m²)	1.391.626	3.030.222	1.269.975	-	162.074
Minimum (m²)	0	0	100	-	0
Mittelwert (m²)	11.286	15.616	9.760	-	10.849
Median (m²)	6.222	7.198	5.911	-	4.615
Modalwert (m²)	0	0	181	-	0
Standardabweichung (m²)	23.655	44.567	19.945	-	17.148
Varianz (m²)	559.570.030	1.986.189.491	397.808.491	-	294.043.536
Bebaut versiegelte Fläche					
m²	96.427.992	-	79.273.297	91.205.142	1.436.688
%	18,5	-	17,9	17,4	13,0
Maximum (m²)	254.607	-	209.042	213.854	57.295
Minimum (m²)	00	-	0	100	0
Mittelwert (m²)	4.939	-	5.261	5.280	3.893
Median (m²)	2.928	-	3.485	3.539	2.588
Modalwert (m²)	0	-	0	464	0
Standardabweichung (m²)	8.847	-	7.946	7.494	5.748
Varianz (m²)	78.281.334	-	200.458.345	56.160.848	33.043.833
Unbebaut versiegelte Fläche					
m²	123.939.249	-	67.787.912	-	2.566.553
%	23,8	-	15,4	-	23,3
Maximum (m²)	1.391.626	-	1.140.485	-	104.779
Minimum (m²)	0	-	0	-	0
Mittelwert (m²)	6.348	-	4.499	-	6.955
Median (m²)	2.815	-	2.153	-	2.581
Modalwert (m²)	0	-	0	-	0
Standardabweichung (m²)	18.264	-	14.158	-	11.923
Varianz (m²)	333.577.394	-	397.808.491	-	142.162.582

Ein erster Vergleich der Datenbestände erfolgt in den Tabellen 5.4 a bis 5.6 b mit einer jeweiligen gemeinsamen Bezugsfläche, d.h. der gleichen Anzahl von Blöcken und der gleichen Gesamtfläche. Tabelle 5.4 a zeigt Informationen der jeweiligen Datenbestände mit der gemeinsamen Bezugsfläche von 369 Blöcken. Die Umweltatlasdaten, Satellitendaten, BWB-Daten und die terrestrischen Daten geben die Möglichkeit, die Gesamtversiegelung zu vergleichen. Aufgrund der geringen Anzahl der terrestrisch erhobenen Blöcke wird der Vergleich ohne diese in Tabelle 5.4 b mit 11.198 Blöcken mit den relevanten Größen noch mal gegenüber gestellt.

Die Satellitendaten haben für die 369 Blöcke in Marzahn mit 37,6 % die höchste Gesamtversiegelung erhoben. Mit 36,5 % liegt der Versiegelungsgrad der Umweltatlasdaten fast genauso hoch. Die geringste Gesamtversiegelung mit 27,5 % wurde durch die BWB erhoben. Die terrestrische Kartierung liegt mit 32,2 % dazwischen (vgl. Tab. 5.4a). Der Vergleich in Tabelle 5.4 b zeigt insgesamt in allen drei Datenbeständen mit 11.198 Datensätzen eine höhere Gesamtversiegelung. Auch hier bewerten die Satellitendaten mit 47,2 % die Versiegelung am höchsten. Die Umweltatlasdaten liegen mit 45,3 % darunter. Die BWB-Daten weisen mit 34,5 % die niedrigste Versiegelung aus. In der Tabelle 5.4 b zeigen die Umweltatlasdaten im Vergleich der Gesamtversiegelung den höchsten Maximalwert, die höchste Standardabweichung und die höchste Varianz auf. Ähnlich sind die Werte der Satellitendaten. Im Vergleich mit den terrestrischen Daten ist die Standardabweichung und die Varianz der Satellitendaten leicht höher als die der Umweltatlasdaten. Die BWB-Daten weisen die niedrigste Standardabeichung und die niedrigste Varianz auf (vgl. Tab. 5.4b).

Tab. 5.4 a: Gesamtvergleich, Gesamtversiegelung, mit den terrestrischen Daten

	Umweltatlas-daten	Satellitendaten	BWB-Daten	Terrestrische Daten
Anzahl der Blöcke	369			
Gesamtfläche (m²)	15.205.521			
Gesamtversiegelung (m²)	5.554.003	5.715.179	4.184.278	4.888.628
Gesamtversiegelung (%)	36,5	37,6	27,5	32,2
Maximum (m²)	202.558	180.564	154.720	187.954
Minimum (m²)	208	0	239	0
Mittelwert (m²)	15.051	15.488	11.340	13.248
Median (m²)	6.886	6.479	6.225	4.615
Modalwert (m²)	n.b.	0	5.911	n.b.
Standardabweichung (m²)	25.211	25.590	17.773	23.493
Varianz (m²)	635.642.048	654.897.027	315.909.202	551.938.235
n.b.: nicht bestimmbar				

Tab. 5.4 b: Gesamtvergleich, Gesamtversiegelung, ohne die terrestrischen Daten

	Umweltatlasdaten	Satellitendaten	BWB-Daten
Anzahl der Blöcke	11.198		
Gesamtfläche (m²)	409.960.308		
Gesamtversiegelung (m²)	185.630.404	193.613.851	141.263.825
Gesamtversiegelung (%)	45,3	47,2	34,5
Maximum (m²)	1.042.150	895.226	943.738
Minimum (m²)	26	0	101
Mittelwert (m²)	16.577	17.290	12.615
Median (m²)	8.294	9.021	7.177
Modalwert (m²)	n.b.	0	5.572
Standardabweichung (m²)	32.154	31.828	23.103
Varianz (m²)	1.033.901.464	1.013.057.490	533.785.737
n.b.: nicht bestimmbar			

Tabelle 5.5 a stellt die Informationen der jeweiligen Datenbestände mit einer gemeinsamen Bezugsfläche von 317 Blöcken dar. Die Umweltatlasdaten, BWB-Daten, ALK-Daten und die terrestrischen Daten geben die Möglichkeit, die bebaut versiegelten Flächen zu vergleichen. Aufgrund der geringen Anzahl der terrestrisch erhobenen Blöcke wird der Vergleich ohne diese in Tabelle 5.5 b mit 13.707 Blöcken wiederholt.

Die Umweltatlasdaten weisen mit 19,8 % in Tab. 5.5 a und 22,3 % in Tab. 5.5 b jeweils die höchsten Bebauungsgrade auf. Allerdings ist der Abstand zu den anderen Daten im Vergleich ohne die terrestrischen Daten mit 1,4 % zu den BWB-Daten und 0,7 % zu den ALK-Daten nicht so hoch wie im ersten Vergleich mit >4,7 %. Die niedrigste Bebauung im Vergleich mit den terrestrischen Daten weisen mit ca. 1,4 Mio. m² und 14,2 % die ALK-Daten auf. Im Vergleich ohne die terrestrischen Daten ist der niedrigste Versiegelungswert durch die Bebauung mit 20,9 % von den BWB erhoben worden. In beide Tabellen sind die Differenzen der beiden Messwerte der Umweltatlasdaten gering und haben damit den gleichen Aussagewert. Die ALK-Daten weisen die niedrigste Standardabweichung und die niedrigste Varianz auf. Dadurch, dass die BWB-Daten von den ALK-Daten abgeleitet wurden, weisen sie fast gleiche Messdaten auf. Die Differenzen der jeweiligen Standardabweichung und Varianzen sind vernachlässigend gering (vgl. Tab. 5.5 a, b, Kapitel 5.4).

Tab. 5.5 a: Gesamtvergleich, bebaut versiegelte Fläche, mit den terrestrischen Daten

	Umweltatlas-daten	**BWB-Daten**	**ALK-Daten**	**Terrestrische Daten**
Anzahl der Blöcke und Teilblöcke	317			
Gesamtfläche (m²)	9.761.212			
Bebaut versiegelte Fläche (m²)	1.933.011	1.477.938	1.387.085	1.402.512
Bebaut versiegelte Fläche (%)	19,8	15,1	14,2	14,4
Maximum (m²)	76.654	49.483	48.219	57.295
Minimum (m²)	0	9	227	0
Mittelwert (m²)	6.098	4.662	4.376	4.424
Median (m²)	3.447	3.401	3.163	2.937
Modalwert (m²)	0	798	n.b.	0
Standardabweichung (m²)	8.543	5.693	5.408	6.008
Varianz (m²)	72.986.303	32.416.393	29.248.175	36.096.437
n.b.: nicht bestimmbar				

Tab. 5.5 b: Gesamtvergleich, bebaut versiegelte Fläche, ohne die terrestrischen Daten

	Umweltatlasdaten	BWB-Daten	ALK-Daten
Anzahl der Blöcke und Teilblöcke	13.707		
Gesamtfläche (m²)	373.802.649		
Bebaut versiegelte Fläche (m²)	83.531.112	78.011.306	80.815.738
Bebaut versiegelte Fläche (%)	22,3	20,9	21,6
Maximum (m²)	254.607	209.042	213.854
Minimum (m²)	0	0	100
Mittelwert (m²)	6.094	5.691	5.896
Median (m²)	3.820	3.841	4.065
Modalwert (m²)	0	0	4.330
Standardabweichung (m²)	9.830	8.156	8.005
Varianz (m²)	96.643.670	66.534.176	64.090.509

Tabelle 5.6 a zeigt Informationen der jeweiligen Datenbestände mit einer gemeinsamen Bezugsfläche von 333 Blöcken. Die Umweltatlasdaten, BWB-Daten und die terrestrischen Daten geben die Möglichkeit, die unbebaut versiegelte Fläche zu vergleichen. Aufgrund der geringen Anzahl der terrestrisch erhobenen Blöcke wird auch hier der Vergleich ohne diese in Tabelle 5.6 b mit 14.217 Blöcken wiederholt.

Bei diesem Vergleich weichen die Prozentzahlen der Umweltatlasdaten sowie der BWB-Daten in beiden Vergleichen nur wenig voneinander ab. Die Umweltatlasdaten beurteilen die Versiegelung im unbebauten Bereich mit 24,1 % in Tab. 5.6 a bzw. mit 24,9 % in Tab. 5.6 b jeweils höher als die BWB-Daten mit 17,2 % in Tab. 5.6 a bzw. mit 16,9 % in Tab. 5.6 b. Die terrestrischen Daten weisen einen Versiegelungsgrad der unbebauten Fläche von 24,9 % auf. Dies entspricht den Umweltatlasdaten im Vergleich ohne die terrestrischen Daten. Beide Tabellen zeigen, dass auch im Vergleich der unbebaut versiegelten Fläche die Umweltatlasdaten die höchsten Maximalwerte, die höchste Standardabweichung und die höchste Varianz aufweisen. Größere Differenzen bestehen zu den BWB-Daten, die weit niedrigere Werte aufweisen. Die prozentuale Abweichung der Standardabweichung zwischen den Umweltatlas-, BWB- und ALK-Daten sind an dieser Stelle deutlich geringer als in den letzten Gegenüberstellungen. Dennoch ergibt der Vergleich der Varianzen, dass die BWB- und die ALK-Daten gleiche statistische Charakteristika aufweisen (vgl. Tab. 5.6 a, b).

Tab. 5.6 a: Gesamtvergleich, unbebaut versiegelte Fläche, mit den terrestrischen Daten

	Umweltatlasdaten	BWB-Daten	Terrestrische Daten
Anzahl der Blöcke und Teilblöcke	333		
Gesamtfläche (m²)	10.030.994		
Unbebaut versiegelte Fläche (m²)	2.417.147	1.722.442	1.411.976
Unbebaut versiegelte Fläche (%)	24,1	17,2	24,9
Maximum (m²)	139.956	94.863	102.621
Minimum (m²)	90	0	0
Mittelwert (m²)	7.259	5.172	4.240
Median (m²)	3.043	2.770	1.489
Modalwert (m²)	n.v.	1.549	0
Standardabweichung (m²)	13.018	9.140	9.490
Varianz (m²)	169.474.736	83.557.739	90.071.595
n.v.: nicht vorhanden			

Tab. 5.6 b: Gesamtvergleich, unbebaut versiegelte Fläche, ohne die terrestrischen Daten

	Umweltatlasdaten	BWB-Daten
Anzahl der Blöcke und Teilblöcke	14.217	
Gesamtfläche (m²)	386.272.265	
Unbebaut versiegelte Fläche (m²)	96.036.813	65.301.138
Unbebaut versiegelte Fläche (%)	24,9	16,9
Maximum (m²)	1.391.626	1.140.485
Minimum (m²)	0	0
Mittelwert (m²)	6.755	4.593
Median (m²)	3.228	2.238
Modalwert (m²)	0	0
Standardabweichung (m²)	19.685	14.478
Varianz (m²)	387.536.700	209.613.996

Der erste Gesamtvergleich zeigt, dass die Datenbestände in der Kategorie bebaut versiegelte Fläche am wenigsten voneinander abweichen. Im Vergleich mit den terrestrischen Daten stimmen diese am besten mit den ALK-Daten (14,2/14,4 %) überein. Geht man davon aus, dass die terrestrischen Daten sehr genau sind, ist neben dieser Methode für die bebaut versiegelte Fläche die Erhebungsmethode der ALK zu empfehlen. Auffällig ist, dass die BWB-Daten eine geringere bebaut versiegelte Fläche annehmen als die ALK-Daten, obwohl sie aus diesen entwickelt wurden. Dies lässt sich damit erklären, dass in die Berechnung der BWB begrünte Dächer nur zu 50 % mit eingeflossen sind. In der Kategorie unbebaut versiegelt stimmen die Umweltatlasdaten und die terrestrischen Daten miteinander überein (24,1/24,9 %). Für die Kategorie Gesamtversiegelung fällt nach diesem ersten Vergleich die

Empfehlung schwer. Ähnlich sind sich jeweils die Umweltatlas- und Satellitendaten sowie die BWB- und terrestrischen Daten. Den höchsten Maximumwert haben in allen sechs Vergleichen die Umweltatlasdaten, ebenso die höchste Standardabweichung und Varianz. Eine Ausnahme bildet der erste Vergleich (vgl. Tab. 5.4 a), worin die Satellitendaten knapp die höchste Standardabweichung und Varianz haben.

5.3 Mittlere Differenz zweier Datenbestände

In diesem Kapitel werden zwei weitere Vergleiche vorgenommen. Der erste Vergleich zeigt die mittlere Differenz der verschiedenen Versiegelungskategorien zweier Datenbestände. Der zweite Vergleich zeigt die mittlere Differenz im Verhältnis zueinander, d.h. welcher Datensatz gegenüber dem anderen mehr bzw. weniger Versiegelung annimmt.

5.3.1 Mittlere Differenz

Auf Basis einer gemeinsamen Bezugsfläche werden jeweils zwei Datenbestände miteinander verglichen. Damit sich positive und negative Differenzen nicht gegenseitig aufheben, wird der Mittelwert im Betrag der Differenz in m² bzw. in % berechnet. Der Mittelwert der m² wird dann prozentual in Bezug zu der angenommenen mittleren Blockfläche von 29.000 m² angegeben[16].

Zum Beispiel wird beim Vergleich der absoluten Versiegelungswerte von den Umweltatlasdaten und den BWB-Daten Folgendes berechnet. Die gemeinsame Bezugsfläche besteht aus 14.217 Block- und Teilblockflächen und einer Gesamtfläche von 386.272.265 m². Der Mittelwert des Betrags der 14.217 Differenzen der bebaut versiegelten Fläche beträgt 1.715 m², der der unbebaut versiegelten Fläche 3.019 m², und der der Gesamtversiegelung 3.746 m². Daraus ergibt sich mit der angenommen mittleren Blockfläche von 29.000 m² eine Differenz zwischen den Umweltatlasdaten zu den BWB-Daten für die bebaut versiegelte Fläche von 5,91 %, für die unbebaut versiegelte Fläche von 10,41 % und für die Gesamtversiegelung von 12,92 %. Die folgende Tabelle zeigt aufsteigend nach der Differenz die Ergebnisse des Vergleichs der m²-Angaben (vgl. Tab. 5.7).

[16] Berechnung der mittleren Differenz auch z.T. in NETZBAND 1998.

Tab. 5.7: Mittlere Differenz der absoluten Versiegelungsdaten in m² und %

Datenbestand 1	Datenbestand 2	Versiegelungs-kategorie	Mittlere Differenz der absoluten Versiegelungswerte (m²)	Mittlere Differenz (%) *	Blockflächenanzahl
Terrestrische Daten	ALK-Daten	bebaut versiegelt	683	2,36	329
Terrestrische Daten	BWB-Daten	bebaut versiegelt	728	2,51	343
ALK-Daten	BWB-Daten	bebaut versiegelt	791	2,73	13.684
Umweltatlasdaten	ALK-Daten	bebaut versiegelt	1.489	5,14	16.516
Umweltatlasdaten	BWB-Daten	bebaut versiegelt	1.714	5,91	14.217
Umweltatlasdaten	Terrestrische Daten	bebaut versiegelt	1.885	6,50	346
Umweltatlasdaten	Terrestrische Daten	unbebaut versiegelt	2.771	9,56	346
Umweltatlasdaten	Terrestrische Daten	Gesamtversiegelung	3.003	10,36	346
Umweltatlasdaten	BWB-Daten	unbebaut versiegelt	3.019	10,41	14.217
Terrestrische Daten	BWB-Daten	unbebaut versiegelt	3.600	12,41	343
Umweltatlasdaten	BWB-Daten	Gesamtversiegelung	3.746	12,92	14.217
Satellitendaten	Terrestrische Daten	Gesamtversiegelung	3.816	13,16	267
Terrestrische Daten	BWB-Daten	Gesamtversiegelung	3.939	13,58	343
Umweltatlasdaten	Satellitendaten	Gesamtversiegelung	4.060	14,00	14.005
Satellitendaten	BWB-Daten	Gesamtversiegelung	5.880	20,28	11.323
* prozentual zur angenommen mittleren Blockfläche von 29.000m²					

Tabelle 5.8 zeigt die Differenzen der Versiegelungsgrade in Prozent. Hier wird beim Vergleich der Versiegelungsgrade in Prozent von den Umweltatlasdaten und den BWB-Daten folgendes berechnet. Die gemeinsame Bezugsfläche besteht ebenso aus 14.217 Block- und Teilblockflächen und einer Gesamtfläche von 386.272.265 m². Der Mittelwert der 14.217 Differenzen der bebaut Versiegelungsgrade beträgt 5,95 %, der der unbebaut Versiegelungsgrade 10,38 %, und der der Gesamtversiegelung 12,44 %. Diese Prozentzahlen lassen sich ohne eine weitere Berechnung miteinander vergleichen (vgl. Tab. 5.8).

Tab. 5.8: Mittlere Differenz der Versiegelungsgrade in %

Datenbestand 1	Datenbestand 2	Versiegelungs-kategorie	Mittlere Differenz der Versiegelungsgrade (%)	Blockflächen-anzahl
Terrestrische Daten	ALK-Daten	bebaut versiegelt	2,77	329
ALK-Daten	BWB-Daten	bebaut versiegelt	2,84	13.684
Terrestrische Daten	BWB-Daten	bebaut versiegelt	3,02	343
Umweltatlasdaten	Terrestrische Daten	bebaut versiegelt	5,16	346
Umweltatlasdaten	ALK-Daten	bebaut versiegelt	5,19	16.516
Umweltatlasdaten	BWB-Daten	bebaut versiegelt	5,95	14.217
Umweltatlasdaten	Terrestrische Daten	unbebaut versiegelt	9,53	346
Umweltatlasdaten	BWB-Daten	unbebaut versiegelt	10,38	14.217
Satellitendaten	Terrestrische Daten	Gesamtversiegelung	10,61	267
Umweltatlasdaten	Terrestrische Daten	Gesamtversiegelung	10,63	346
Terrestrische Daten	BWB-Daten	unbebaut versiegelt	12,05	343
Umweltatlasdaten	BWB-Daten	Gesamtversiegelung	12,44	14.217
Umweltatlasdaten	Satellitendaten	Gesamtversiegelung	12,87	14.005
Terrestrische Daten	BWB-Daten	Gesamtversiegelung	13,77	343
Satellitendaten	BWB-Daten	Gesamtversiegelung	15,55	11.323

Im Vergleich der absoluten Werte in m² haben die Datenbestände allgemein in der Kategorie bebaut versiegelte Flächen die geringsten und in der Gesamtversiegelung die höchsten Differenzen. Am besten stimmen die bebaut versiegelten Flächen der terrestrischen Daten und die ALK-Daten mit einer Abweichung von 2,36 % überein. Aber auch die Differenz der bebauten Fläche zwischen den Umweltatlasdaten und den terrestrischen Daten ist mit 6,50 % noch im unteren Bereich und kann als mittel bewertet werden. Am schlechtesten stimmen die Satellitendaten mit den BWB-Daten in der Kategorie Gesamtversiegelung überein (20,28 %). Auch in der Kategorie unbebaut versiegelt gibt es keine niedrigen Differenzen. Mit 9,56 % weichen hier die Umweltatlasdaten am wenigsten von den terrestrischen Daten ab. Am meisten weichen in dieser Kategorie mit 12,41 % die terrestrischen Daten von den BWB-Daten ab. Allgemein ist bei diesem Vergleich auf die Blockflächenanzahl hinzuweisen, die im Falle der Vergleiche mit den terrestrischen Daten weit unter den anderen liegen. Einen Überblick über die Blockflächenanzahl bietet das anschließende Diagramm (vgl. Abb. 5.1).

Auch im Vergleich der Versiegelungsgrade in Prozent weisen die Datenbestände in der Kategorie bebaut versiegelte Flächen die geringsten und in der Gesamtversiegelung die höchsten Differenzen auf. Der Datenbestand mit der geringsten Differenz von 2,77 % ist auch hier der Vergleich terrestrische Daten mit den ALK-Daten. Mit einer Differenz der Versiegelungsgrade von 15,55 % bestehen bei dem Vergleich Satellitendaten mit den terrestrische Daten die größten Unterschiede (vgl. Tab. 5.8). Eine Übersicht bietet das Diagramm in Abbildung 4.2.

Dieser zweite Gesamtvergleich zeigt erneut, dass die Datenbestände in der Kategorie bebaut versiegelte Fläche die geringsten Differenzen aufweisen. Auch in der Kategorie unbebaut versiegelte Fläche ist die Differenz der Umweltatlasdaten zu den terrestrischen Daten

am geringsten, wohingegen die BWB-Daten immer stark abweichen. Dies lässt sich z.T. durch die lückenhafte Erhebung der BWB-Daten erklären, die nur ökonomisch relevante Flächen betrachtet haben.

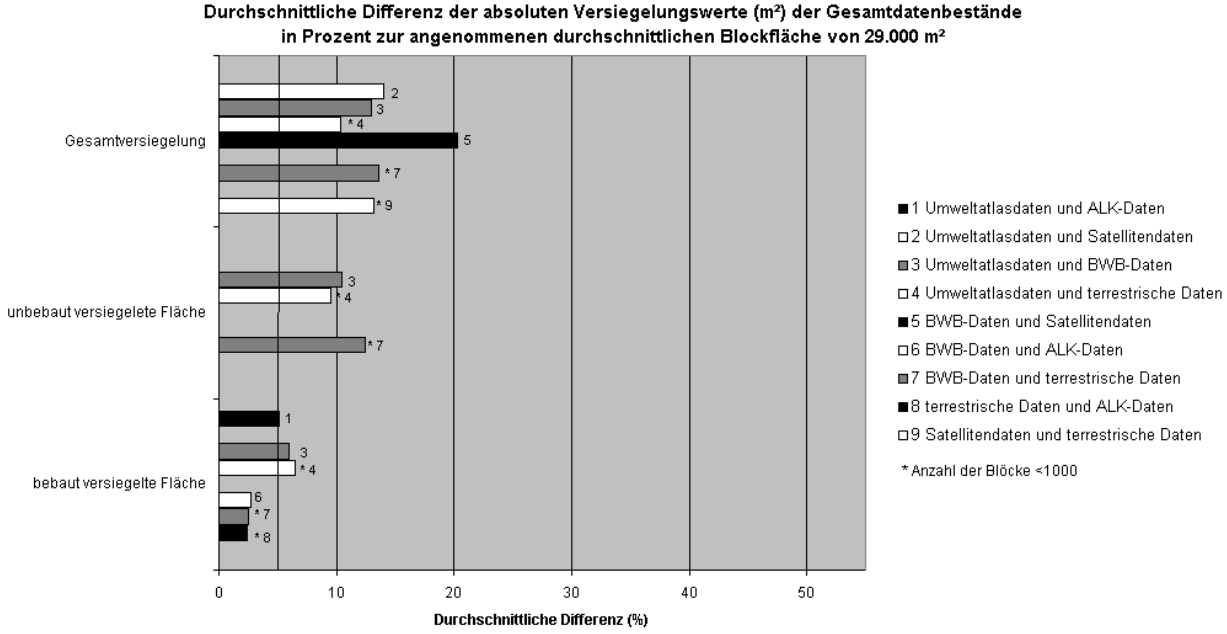


Abb. 5.1: Übersicht der durchschnittlichen Differenz der absoluten Versiegelungswerte der Gesamtdatenbestände

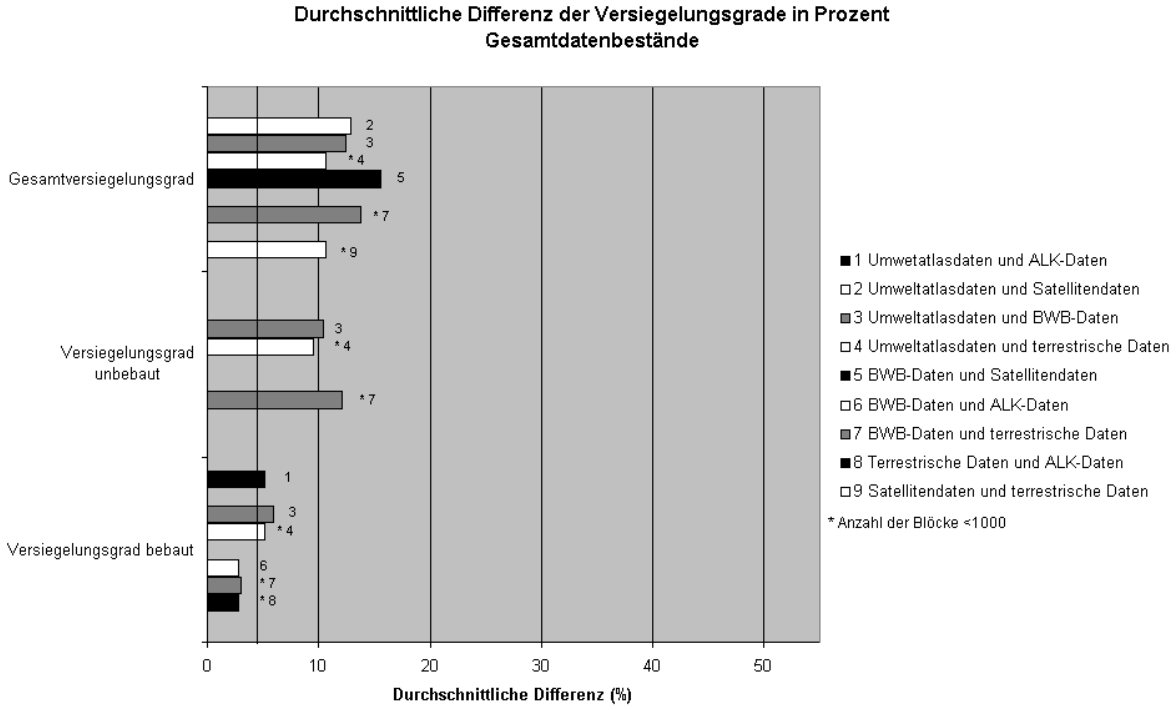


Abb. 5.2: Übersicht der durchschnittlichen Differenz der Versiegelungsgrade in Prozent der Gesamtdatenbestände

5.3.2 Mittlere Differenz im Verhältnis

Die eben dargestellte durchschnittliche Differenz der Versiegelung bzw. der Versiegelungsgrade beschreibt die Gesamtdifferenz zweier Datenbestände. Sie sagt jedoch nichts über das Verhältnis aus, ob die Differenz positiv oder negativ ist bzw. in welchem Datenbestand gegenüber einem anderen mehr bzw. weniger Versiegelung erhoben wurde. Der in Tabelle 5.9 und 5.10 dargestellte Vergleich zeigt für die absoluten Werte in m² sowie die Versiegelungsgrade in %, wie viele Blockflächen gleich, höher oder niedriger bewertet wurden.

Es wird wieder auf Basis einer gemeinsamen Bezugsfläche die mittlere Differenz der verschiedenen Versiegelungskategorien zweier Datenbestände berechnet. Doch diesmal können sich bei der mittleren Differenz insgesamt die Zahlen gegenseitig aufheben. Zusätzlich wird jeweils die Blockflächenanzahl der positiven bzw. negativen Werte angegeben.

Zum Beispiel wird beim Vergleich von den Umweltatlasdaten und den BWB-Daten folgendes berechnet. Die gemeinsame Bezugsfläche besteht, wie oben gezeigt, aus 14.217 Block- und Teilblockflächen. Der Mittelwert der 14.217 Differenzen der bebaut versiegelten Fläche beträgt 427 m², der der unbebaut versiegelten Fläche 2.162 m², und der der Gesamtversiegelung 2.589 m². Daraus ergibt sich mit der angenommenen mittleren Blockfläche von 29.000 m² eine Differenz zwischen den Umweltatlasdaten zu den BWB-Daten für die bebaut versiegelte Fläche von 1,47 %, für die unbebaut versiegelte Fläche von 7,46 % und für die Gesamtversiegelung von 8,93 %. Die Umweltatlasdaten haben also in allen drei Kategorien eine höhere Versiegelung als die BWB-Daten erhoben. Betrachtet man die Differenz getrennt nach ihren Vorzeichen, werden in der Kategorie bebaut versiegelt 182 Blockflächen gleich bewertet, d.h. es ergibt sich bei dieser Berechnung eine Differenz von 0 m². 6.176 Blockflächen haben in der Berechnung eine positive Differenz, d.h. hier haben die Umweltatlasdaten eine höhere Versiegelung angenommen. Bei 7.859 Blockflächen ist die Differenz negativ, d.h. hier ist die Versiegelung in den BWB-Daten höher als in den Umweltatlasdaten. Die folgenden Tabellen zeigen aufsteigend nach der mittleren Differenz insgesamt die Ergebnisse dieses Vergleichs mittels der absoluten Versiegelungswerte in m² (vgl. Tab. 5.9) und mittels der Versiegelungsgrade in % (vgl. Tab. 5.10).

Allgemein lässt sich im Vergleich der absoluten Versiegelungswerte sagen, dass die Satellitendaten im Vergleich zu den anderen Daten die Versiegelung immer höher bewerten. Die BWB-Daten dagegen bewerten die Versiegelung mit Ausnahme des Vergleichs terrestrische Daten und BWB-Daten in der Kategorie bebaut versiegelte Fläche immer niedriger. Der Vergleich Satellitendaten und BWB-Daten weist trotz der gegenseitigen Aufhebung mit 16,45 % die größte Differenz auf. Der niedrigste Vergleich ist der der terrestrischen Daten mit den ALK-Daten mit 0,23 %.

Sieben von 15 Vergleichen weisen Blockflächen auf, die in beiden Datenbeständen die gleiche Versiegelungsbewertung erhalten haben. Spitzenreiter ist hier mit 182 Blockflächen der Vergleich Umweltatlasdaten und BWB-Daten in der Kategorie bebaut versiegelte Fläche. Eine weitere Betrachtung dieser 182 Blockflächen ergibt, das die Übereinstimmung der Versiegelungsbewertung zutrifft, wenn bei beiden Datensätzen 0 m² bebaut versiegelte Fläche

erhoben wurde. Nutzungen dieser Flächen sind hierbei vorwiegend Park, Grünfläche (139) und Brachfläche (171-174) (vgl. Tab. 5.9).

Tab. 5.9: Mittlere Differenz der absoluten Versiegelungswerte zweier Datenbestände im Verhältnis zueinander in %

Datenbestand 1	Datenbestand 2	Versiegelungskategorie	Gesamtblockflächenanzahl	Mittlere Differenz der absoluten Versiegelungswerte insgesamt (%) *	Blockflächenanzahl gleicher Datensätze	Blockflächenanzahl, höhere Versiegelung im Datenbestand 1 als im Datenbestand 2	Blockflächenanzahl, niedrigere Versiegelung im Datenbestand 1 als im Datenbestand 2
Terrestrische Daten	ALK-Daten	bebaut versiegelt	329	0,23		170	159
Terrestrische Daten	BWB-Daten	bebaut versiegelt	343	-0,69	5	107	231
Umweltatlas-daten	ALK-Daten	bebaut versiegelt	16.516	0,69		6.613	9.903
ALK-Daten	BWB-Daten	bebaut versiegelt	13.684	0,70	121	5.200	8.283
Umweltatlas-daten	Terrestrische Daten	unbebaut versiegelt	346	-0,74		198	148
Umweltatlas-daten	BWB-Daten	bebaut versiegelt	14.217	1,47	182	6.176	7.859
Umweltatlas-daten	Satelliten-daten	Gesamtversiegelung	14.005	-1,90	12	6.208	7.785
Umweltatlas-daten	Terrestrische Daten	Gesamtversiegelung	346	4,67		219	127
Umweltatlas-daten	Terrestrische Daten	bebaut versiegelt	346	5,41	9	262	75
Terrestrische Daten	BWB-Daten	Gesamtversiegelung	343	7,32		193	150
Umweltatlas-daten	BWB-Daten	unbebaut versiegelt	14.217	7,45	6	10.082	4.128
Terrestrische Daten	BWB-Daten	unbebaut versiegelt	343	8,01		198	145
Satelliten-daten	Terrestrische Daten	Gesamtversiegelung	267	8,79	1	190	76
Umweltatlas-daten	BWB-Daten	Gesamtversiegelung	14.217	8,93		9.213	5.004
Satelliten-daten	BWB-Daten	Gesamtversiegelung	11.323	16,45		8.439	2.884

* prozentual zur angenommen mittleren Blockfläche von 29.000 m²

Im Vergleich der Versiegelungsgrade in % gibt es in der Reihenfolge der zunehmenden Differenzen Unterschiede zu den absoluten Werten. Die niedrigste Differenz besteht jedoch auch wieder mit 0,02 % im Vergleich terrestrische Daten und ALK-Daten. Die höchste Differenz weist wieder der Vergleich zwischen den Satellitendaten zu den BWB-Daten auf. All-

gemein lässt sich sagen, dass die Satellitendaten, die ALK-Daten und die Umweltatlasdaten die Versiegelung im Vergleich meist höher bewerten. Die BWB-Daten dagegen bewerten die Versiegelung mit Ausnahme des Vergleichs terrestrische Daten und BWB-Daten in der Kategorie bebaut versiegelte Fläche auch hier immer niedriger.

Übereinstimmende Versiegelungsgrade gibt es in zwölf von 15 Vergleichen (vgl. Tab. 5.10). Mit 896 gleich bewerteten Blockflächen ist der Vergleich ALK-Daten und BWB-Daten an der Spitze. Bei diesen Übereinstimmungen sind die Prozentzahlen weit gestreut. Am häufigsten kommen sie bei der Nutzung Wohngebiet (10) vor.

Der dritte Gesamtvergleich zeigt, welche Erhebungsmethode gegenüber einer anderen die Versiegelung höher bzw. niedriger einschätzt. Die Satellitendaten bewerten die Versiegelung immer höher, wohingegen die BWB-Daten die Versiegelung fast immer niedriger bewerten. Auch dieser Vergleich zeigt, dass die Datenbestände der Kategorie bebaut versiegelte Fläche am besten übereinstimmen. Die Übereinstimmung in der Bewertung der Versiegelungsgrade beim Vergleich BWB-Daten und ALK-Daten in 896 Blockflächen lässt sich dadurch erklären, dass die BWB-Daten aus den ALK-Daten entwickelt wurden.

Tab. 5.10: Mittlere Differenz der Versiegelungsgrade zweier Datenbestände im Verhältnis zueinander in %

Datenbestand 1	Datenbestand 2	Versiegelungskategorie	Gesamtblockflächenanzahl	Mittlere Differenz insgesamt (%)	Blockflächenanzahl gleicher Datensätze	Blockflächenanzahl, höhere Versiegelung im Datenbestand 1 als im Datenbestand 2	Blockflächenanzahl, niedrigere Versiegelung im Datenbestand 1 als im Datenbestand 2
Terrestrische Daten	ALK-Daten	bebaut versiegelt	329	0,02	1	169	159
Umweltatlas-daten	BWB-Daten	bebaut versiegelt	14.217	0,17	195	6171	7851
Umweltatlas-daten	ALK-Daten	bebaut versiegelt	16.516	-0,58	18	6609	9889
ALK-Daten	BWB-Daten	bebaut versiegelt	13.684	0,67	896	4876	7912
Terrestrische Daten	BWB-Daten	bebaut versiegelt	343	-0,98	5	107	231
Umweltatlas-daten	Satelliten-daten	Gesamtversiegelung	14.005	-1,38	331	6320	7354
Umweltatlas-daten	Terrestrische Daten	Gesamtversiegelung	346	2,86	1	218	126
Umweltatlas-daten	Terrestrische Daten	bebaut versiegelt	346	3,55	10	262	74
Terrestrische Daten	BWB-Daten	Gesamtversiegelung	343	5,70		193	150
Terrestrische Daten	BWB-Daten	unbebaut versiegelt	343	6,68		198	145
Umweltatlas-daten	BWB-Daten	unbebaut versiegelt	14.217	6,92	8	10083	4126
Umweltatlas-daten	BWB-Daten	Gesamtversiegelung	14.217	7,09	2	9211	5004
Umweltatlas-daten	Terrestrische Daten	unbebaut versiegelt	346	8,70		302	44
Satelliten-daten	Terrestrische Daten	Gesamtversiegelung	267	6,83	2	188	77
Satelliten-daten	BWB-Daten	Gesamtversiegelung	11.323	10,18	2	8238	3083

5.4 Versiegelungswerte im Verhältnis pro Blockfläche

In den vorangegangenen Vergleichen wurde jeweils die Differenz mit Hilfe eines Mittelwerts für ganz Berlin bestimmt. Die vier Karten 6 bis 9 zeigen ausgewählte Differenzen der Versiegelungswerte im Verhältnis für jeden einzelnen Block bzw. Teilblock. Dazu wurden je zwei Datenbestände miteinander verglichen. Zu den weißen Flächen in den Abbildungen liegen keine Versiegelungswerte für beide zu vergleichenden Datenbestände vor. Es wurde also wieder nur die kleinste gemeinsame Teilmenge betrachtet. Die Berechnung erfolgte z.B. für den Vergleich der Umweltatlasdaten und der BWB-Daten, indem für jeden der 14.217 Datensätze die Differenz der Versiegelungswerte in m² berechnet wurde. Diese Differenz wurde dann in % zu der jeweiligen einzelnen Blockfläche ausgedrückt und in der Karte abgebildet. Durch die Vorzeichen lässt sich zusätzlich erkennen, welcher Datenbestand gegenüber dem anderen mehr bzw. weniger Versiegelung annimmt. Im Beispiel Umweltatlas und BWB-Daten wurde der Versiegelungswert der BWB-Daten von dem der Umweltatlasdaten abgezogen, d.h. bei den positiven Werten haben die Umweltatlasdaten eine höhere Versiegelung, und bei negativen Werten haben die BWB-Daten eine höhere Versiegelung erhoben. Für z.B. den Block 0100980081000100 mit einer Gesamtfläche von 23.444 m² haben die Umweltatlasdaten eine Gesamtversiegelung von 19.927 m² und die BWB-Daten von 18.634 m² angenommen. Daraus ergibt sich eine Differenz von 1.293 m², die in % zur Blockfläche 5,52 % ergibt. In diesem Block haben die Umweltatlasdaten also 5,52 % mehr Versiegelung als die BWB erhoben.

Die Karte 6 zeigt die Übersicht der Differenzen der Versiegelungswerte zwischen den Umweltatlasdaten und den Satellitendaten im Verhältnis. Diese Abbildung unterscheidet sich von den anderen auf den ersten Blick durch ihre großflächigen Blöcke, was auf die reine Blockstruktur zurückzuführen ist. Bei den grünen Flächen haben beide Erhebungsmethoden mit einer Differenz ≤1 % den gleichen Versiegelungswert bestimmt. Die gelben bis rot abgestuften Flächen zeigen in Abständen von 5 % die Differenzen der Blöcke, in denen die Umweltatlasdaten eine höhere Versiegelung erhoben haben. Die Blautöne zeigen die Blöcke, in denen die Satellitendaten eine höhere Versiegelung angenommen haben. Insgesamt gilt, je dunkler das Blau bzw. Rot, desto höher die Differenz. Die gleichen Versiegelungswerte mit einer Differenz von ≤1 % (grüne Flächen) treten zwischen den Umweltatlasdaten und den Satellitendaten auf 834 Blockflächen auf. Auffällig ist, dass die Satellitendaten vor allem in der Innenstadt eine höhere Versiegelung angenommen haben. Dies ist ein methodisches Problem der Satellitenbildauswertung und vor allem auf die Schattenflächen zurückzuführen. In den Randbezirken dagegen weisen die Umweltatlasdaten höhere Versiegelungswerte aus. Auch dies ist ein methodisches Problem der Satellitenbildauswertung und auf die Überdeckung von Gebäuden durch Bäume zurückzuführen. Des Weiteren fällt auf, dass in den großflächigen Blöcken, wie z.B. im Grunewald, meist von den Satellitenbildern eine höhere Versiegelung angenommen wird. Auch die Bahnflächen werden in dieser Abbildung verglichen. Sie sind äußerst heterogen und weisen besonders in den Randbereichen >20 % höhere Versiegelungswerte von Seiten des Umweltatlas auf (vgl. Karte 6).

Die Karte 7 zeigt die Übersicht der Differenzen der Versiegelungswerte zwischen den Umweltatlasdaten und den ALK-Daten im Verhältnis. Die Karte ist insgesamt kleinteiliger, da hier auch in Teilblöcke unterschieden wird. Bei diesem Vergleich ist die Stadt in zwei Hälften geteilt. Die Bezirksgrenzen von Lichtenberg und Treptow-Köpenick teilen die Stadt in Ost und West. Diese klare Grenze weist auf einen methodischen Fehler hin und kommt vermutlich durch die Umweltatlaserhebung zustande. Hier wurde die Versiegelungskartierung im Ostteil Berlins z.T. mittels Luftbildern im Maßstab 1:10.000 durchgeführt (vgl. Kapitel 3.2.3). Die Differenzen zwischen den Umweltatlasdaten und den ALK-Daten sind im Westteil auffällig gering, was man an den grünen und hellen Farbtönen sieht. Hier sind die Differenzen ≤5 %. Gleiche Versiegelungswerte werden auf 2.723 Blockflächen angenommen. In der Innenstadt weisen eher die Umweltatlasdaten und in den Randbezirken eher die ALK-Daten eine höhere Versiegelung aus. Im Ostteil sind viele gelbe und rote Flächen, d.h. hier haben die Umweltatlasdaten eine höhere Versiegelung erhoben. Gerade die Industriegebiete in Lichtenberg und Westmarzahn sind in der Klasse, in der der Umweltatlas >20 % Differenz zu den ALK-Daten aufweist. Die Randflächen des Ostteils weisen wieder viele grüne und helle Farben auf. Auffällig sind die weißen Bahnflächen, die in den ALK-Daten nicht beachtet werden (vgl. Karte 7).

Die Karte 8 zeigt die Übersicht der Differenzen der Versiegelungswerte zwischen den Umweltatlasdaten und den BWB-Daten der Gesamtversiegelung im Verhältnis. Auf den ersten Blick sieht man hier sehr viele rote Flächen, d.h. hier haben die Umweltatlasdaten eine Differenz von >20 % zu den BWB-Daten. Die roten Flächen häufen sich wieder in Lichtenberg und Marzahn, sind aber in der ganzen Stadt verbreitet. Übereinstimmende Versiegelungswerte gibt es nur auf 938 Blockflächen. Die Farben rot und gelb dominieren, d.h. die Umweltatlasdaten nehmen überwiegend eine höhere Gesamtversiegelung als die BWB-Daten an. Ausnahmen hiervon bilden Westend, Steglitz-Zehlendorf und das südliche Neukölln. Hier dominieren Blautöne, die besagen, dass die BWB-Daten höhere Versiegelungswerte annehmen. Auch in dieser Abbildung sind die Bahnflächen weiß, da die BWB diese Blöcke nicht erhoben haben (vgl. Karte 8).

Die gleichen Datenbestände, aber im Vergleich der Kategorie bebaut versiegelte Fläche, zeigen ein völlig anders Bild. Die Karte 9 zeigt die Übersicht der Differenzen der Versiegelungswerte zwischen den Umweltatlasdaten und den BWB-Daten der bebaut versiegelten Fläche im Verhältnis. Auch hier spiegelt sich in der zweigeteilten Stadt die Erhebungsmethode des Umweltatlas wider (vgl. Karte 7). Insgesamt sind viele grüne Blockflächen vorhanden. 2.296 Blöcke werden von beiden Erhebungsmethoden gleich bewertet. Im Westteil lässt sich kein Unterschied zwischen der Innenstadt und den Randbezirken erkennen. Viele Flächen haben helle Farbtöne und weisen dadurch eine Versiegelungsdifferenz von <5 % auf. Blaue Farbtöne dominieren hier. Dies bedeutet, dass die BWB eine höhere bebaut versiegelte Fläche annehmen als der Umweltatlas. Im Ostteil überwiegen gelbe und rote Flächen. Hier haben die Umweltatlasdaten eine höhere Versiegelung angenommen. An den Rändern der Bezirke herrscht aber auch viel Grün vor (vgl. Karte 9).

An den beiden letzten Karten zeigt sich besonders der Einfluss der unbebaut versiegelten Fläche. Während in Karte 9 die Differenzen der Versiegelungswerte der bebaut versiegelten

Fläche gezeigt werden, zeigt Karte 8 die Differenzen der Gesamtversiegelung. Die vielen grünen Flächen zeigen bei dem Vergleich der bebaut versiegelten Fläche, dass sich die Umweltatlas- und BWB-Daten hier sehr ähnlich sind. Kommt jedoch die Erhebung der unbebaut versiegelten Flächen hinzu, weisen sie sehr hohe Unterschiede auf.

Die Karten 7 und 9 mit der klaren Grenze zwischen Ost und West, erklären die hohe Differenz der Gesamtversiegelung der bebaut versiegelten Fläche zwischen dem Umweltatlas und den anderen drei Datenbeständen in Marzahn (Tab. 5.5 a) im Vergleich zu den geringen Differenzen zu den zwei Datenbeständen in Gesamtberlin (vgl. Tab. 5.5 b).

5.5 Weiterführende Vergleiche mit den ALK-Daten

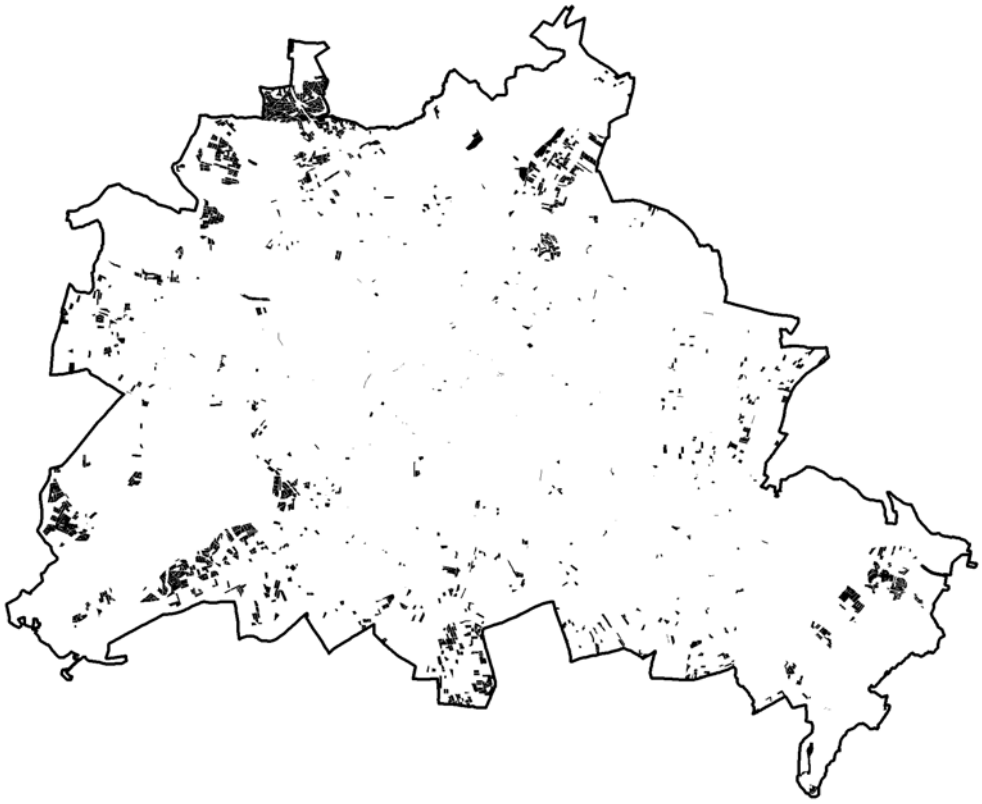
Die ALK-Daten geben nur die bebaut versiegelte Fläche wider. Daher sollte die Gesamtversiegelung aller anderen Datenbestände höher sein als die von den ALK-Daten bestimmte Fläche. Dies ist nicht bei allen Blöcken der Fall und soll anhand der folgenden vier Abbildungen (vgl. Abb. 5.3 – 5.6) weitergehend untersucht werden.

Abbildung 5.3 zeigt Blöcke, bei denen die Umweltatlasdaten bei der Gesamtversiegelung weniger versiegelte Fläche in m² annehmen als die ALK-Daten bei der bebaut versiegelten Fläche. Diese 434 Blockflächen sind über ganz Berlin verteilt und deuten auf keinen methodischen Fehler hin. Es gibt allerdings eine Häufung in Steglitz-Zehlendorf und besonders in Kladow. Dies hängt mit der Bebauung des Flächentyps Garten (23) zusammen. Dieser Typ zeichnet sich durch Einfamilien- und Mehrfamilienhäuser mit Gartengrundstücken aus. Viele Bäume verdecken Gebäude, die z.B. in Steglitz-Zehlendorf erst nachträglich dazwischen gebaut wurde, sodass in der Satellitenbildauswertung des Umweltatlas die unversiegelten Flächen überschätzt wurden. In Kladow im Neubaugebiet des alten Flugplatzes Gatow hängt die Differenz mit den veralteten Daten des Umweltatlas zusammen, die auch beim Stand 2001 viele der dortigen Blöcke noch als unbebaute Brachflächen und Baustellen ausweisen.

■ Bebaut versiegelte Fläche der ALK-Daten > Gesamtversiegelung der Umweltatlasdaten

Abb. 5.3: Bebaut versiegelte Fläche der ALK-Daten > Gesamtversiegelung der Umweltatlasdaten

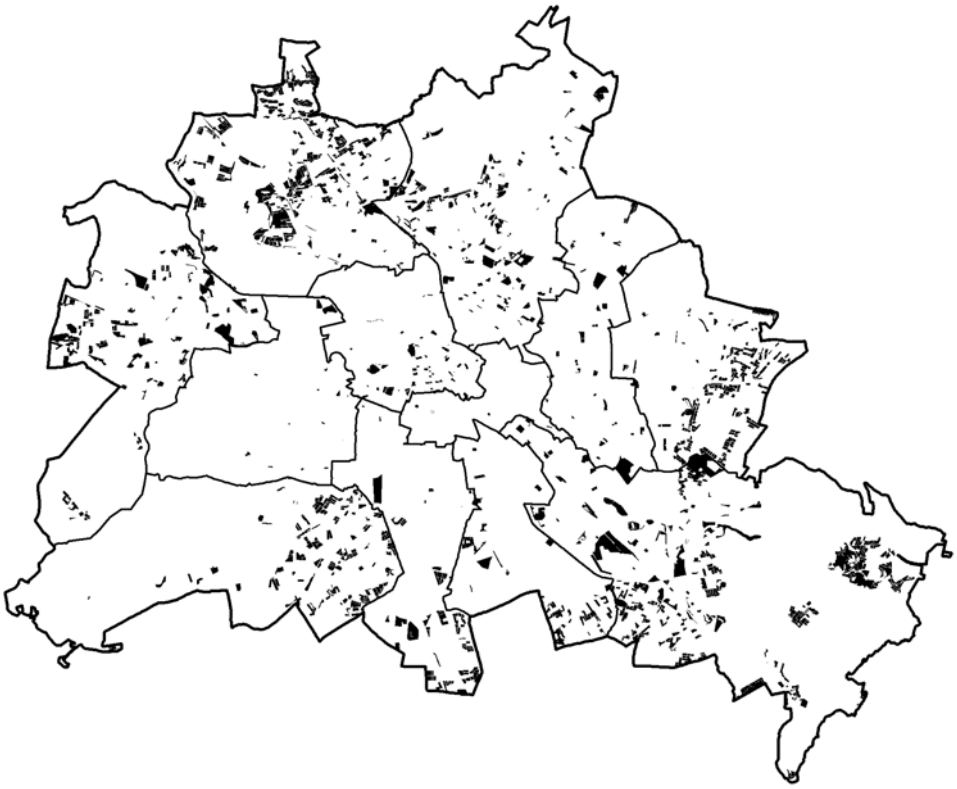
In Abbildung 5.4 sieht man die Blöcke, bei denen die Satellitendaten bei der Gesamtversiegelung weniger versiegelte Fläche in m² annehmen als die ALK-Daten bei der bebaut versiegelten Fläche. Auch hier gibt es über das ganze Stadtgebiet verteilt 1.718 solcher Flächen. Es gibt allerdings Häufungswolken entlang des Stadtrandes in Kladow, Steglitz-Zehlendorf, Marienfelde, Lichtenrade, Rahnsdorf, Mahlsdorf, Karow, Fronau und Schulzendorf. Dies ist auf jeden Fall auf einen methodischen Fehler zurückzuführen. Hierfür sind vor allem wieder die Probleme der Satellitenbildauswertung mit den für diese Wohngebiete typischen Bäumen verantwortlich. Es handelt sich überwiegend wieder um den Flächentyp Garten (23) mit den oben genannten Fehlern (vgl. Kapitel 5.9.2). Hier hat die Satellitenbildauswertung die versiegelte Fläche eindeutig unterschätzt.



■ Bebaut versiegelte Fläche der ALK-Daten > Gesamtversiegelung der Satellitendaten

Abb. 5.4: Bebaut versiegelte Fläche der ALK-Daten > Gesamtversiegelung der Satellitendaten

Besonders interessant ist die Abbildung 5.5, die die Blöcke zeigt, bei denen die BWB-Daten bei der Gesamtversiegelung weniger versiegelte Fläche in m² annehmen als die ALK-Daten bei der bebaut versiegelten Fläche. Da die BWB-Daten aus der ALK entwickelt wurden, zeigt diese Abbildung unerwartet viele solcher Blöcke. Diese Blöcke sind mit einer Häufung in den Randgebieten über das ganze Stadtgebiet verteilt. Punktuelle Anhäufungen gibt es nur in Rahnsdorf, Kaulsdorf und Wittenau. Diese Abweichung lässt sich z.T. mit der Erhebungsmethode der BWB erklären. Hier werden Gründächer nur zu 50 % in die bebaut versiegelte Fläche miteingerechnet. Zu prüfen bleibt, ob in diesen Gebieten tatsächlich viele Gründächer auftreten.



Bebaut versiegelte Fläche der ALK-Daten > Gesamtversiegelung der BWB-Daten

Abb. 5.5: Bebaut versiegelte Fläche der ALK-Daten > Gesamtversiegelung der BWB-Daten

Abbildung 5.6 zeigt den letzten Vergleich dieser Art. Die Blöcke, bei denen die terrestrischen Daten bei der Gesamtversiegelung weniger versiegelte Fläche in m² annehmen als die ALK-Daten bei der bebaut versiegelten Fläche, sind hier schwarz dargestellt. Hier hat die ALK bei 25 der 369 Blöcken mehr bebaut versiegelte Fläche erhoben, als die terrestrischen Daten insgesamt. Durch die kleine Anzahl und die geringe Verteilung lässt sich hieraus jedoch kein methodischer Fehler ableiten.

■ Bebaut versiegelte Fläche der ALK-Daten > Gesamtversiegelung der terrestrischen Daten

Abb. 5.6: Bebaut versiegelte Fläche der ALK-Daten > Gesamtversiegelung der terrestrischen Daten

Insgesamt zeigt dieser weiterführende Vergleich mit den ALK-Daten noch einmal besonders die Problematik der Satellitenbildauswertung mit von Bäumen bedeckten Gebäuden.

5.6 Flächengrößenbezogener Vergleich

In diesem flächengrößenbezogenen Vergleich soll herausgefunden werden, ob die unterschiedliche Erhebung der Versiegelung insgesamt bzw. der bebauten und unbebauten Fläche abhängig von der Blockfläche ist.

Dazu werden Klassen mit Stufen von jeweils 5.000 m² der Blockfläche gebildet. Hierbei handelt es sich um folgende Klassen in m²:

<5.000,
5.001-10.000,
10.001-15.000,
15.001-20.000,
20.001-25.000,
25.001-30.000,
30.001-35.000,
35.001-40.000,
40.001-60.000 und
>60.000.

Da in den oberen zwei Klassen nur zahlenmäßig wenige Flächen vorkommen, weichen die m²-Abstände in der Klasse 40.001-60.000 m² und in der Klasse >60.000 m² von den Fünftausenderstufen ab. Die Abbildung 5.7 zeigt die jeweilige Anzahl der Datensätze pro Blockflächenklasse. Aufgrund der geringen Anzahl von <400 Datensätzen der terrestrisch erhobenen Daten fallen diese aus der Betrachtung heraus.

Nach der Klasseneinteilung wurde der Mittelwert des Betrags der Differenz der Versiegelungsbewertung in m² zweier Datenbestände berechnet und prozentual auf den Mittelwert des Flächeninhaltes einer Klasse bezogen.

Zum Beispiel wurde im Vergleich der Umweltatlasdaten mit den Satellitendaten in der Klasse 5.001-10.000 m² mit einer Blockflächenanzahl von 1.745 eine Gesamtdifferenz von 1.973.699 m² berechnet. Dies entspricht einer durchschnittlichen Differenz pro Blockfläche von 1.131 m². Dies entspricht prozentual zur mittleren Blockfläche von 7.500 m² einer Abweichung von 15,08 %.

Die folgenden fünf Tabellen zeigen die einzelnen Vergleiche in den Klassen (vgl. Tab. 5.11-5.15). Tabelle 5.11 zeigt den Vergleich der Umweltatlasdaten und der ALK-Daten. Hier spielt die Flächengröße der statistisch relevanten Blöcke zwischen 15.001 und 40.000 m² im Mittel keine Rolle. Die Datensätze weichen hier jeweils um ca. 4,5 % voneinander ab. Eine mittel zu bewertende und gleichzeitig die höchste Abweichung in diesem Vergleich besteht mit 9,42 % in der ersten Klasse. Weitere Ausnahmen bilden die Klasse 5.001-10.000 m², die mit 6,07 % eine höhere Abweichung zeigt, und die Klasse 10.001-15.000 m², die mit 2,89 % eine niedrigere Abweichung zeigt. Allgemein sind die Abweichungen der bebaut versiegelten Fläche ab einer Blockfläche von 10.000 m² zwischen den Umweltatlasdaten und den ALK-Daten mit <5 % als gering zu bewerten.

Tab. 5.11: Flächengrößenbezogener Vergleich der Umweltatlasdaten und der ALK-Daten

Klassen (m²)	Durchschnittliche Differenz der absoluten Versiegelungswerte der bebaut versiegelten Fläche (m²)	Durchschnittliche Differenz der absoluten Versiegelungswerte der bebaut versiegelte Fläche in Prozent zur durchschnittlichen Klassenfläche (%)	Anzahl der Teil- und Blockflächen
< 5.000	256	9,42	656
5.001-10.000	455	6,07	2.484
10.001-15.000	649	5,19	3.130
15.001-20.000	830	4,74	2.696
20.001-25.000	1.012	4,50	2.037
25.001-30.000	1.241	4,51	1.503
30.001-35.000	1.463	4,50	989
35.001-40.000	1.598	4,26	618
40.001-60.000	2.416	4,83	1.224
>60.001	8.237	1,12	1.179

Tabelle 5.12 zeigt den flächengrößenbezogenen Vergleich der Gesamtversiegelung der Umweltatlasdaten und der Satellitendaten. Die Differenz der Versiegelungsbewertung nimmt mit steigender Flächengröße ab. Mit 21,35 % ist die Abweichung in der ersten Klasse und mit 15,28 % in der nächsten Klasse sehr hoch. Dies lässt sich methodisch erklären. Bei der Satellitenbildauswertung wurden die Blockflächen nach innen gepuffert, wodurch bei kleinen Blöcken besonders in der ersten Klasse nur noch eine kleine Restfläche für die Bewertung übrigbleibt. Hier können dann im Vergleich zu den anderen Daten große Differenzen auftreten. Allgemein sind die weiteren Abweichungen mit >10 % als hoch zu bewerten. Bei diesen beiden Datensätzen hängen die Unterschiede der Versiegelungsbewertung von der Flächengröße ab und sind im Allgemeinen hoch bis sehr hoch einzustufen.

Tab. 5.12: Flächengrößenbezogener Vergleich der Umweltatlasdaten und der Satellitendaten

Klassen (m²)	Durchschnittliche Differenz der absoluten Versiegelungswerte der Gesamtversiegelung (m²)	Durchschnittliche Differenz der absoluten Versiegelungswerte der Gesamtversiegelung in Prozent zur durchschnittlichen Klassenfläche (%)	Anzahl der Teil- und Blockflächen
< 5.000	538	21,35	1.052
5.001-10.000	1.146	15,28	1.745
10.001-15.000	1.608	12,86	2.096
15.001-20.000	1.986	11,35	1.917
20.001-25.000	2.410	10,71	1.511
25.001-30.000	2.880	10,47	1.135
30.001-35.000	3.281	10,10	725
35.001-40.000	3.819	10,18	489
40.001-60.000	5.045	10,09	999
>60.001	16.011	1,79	1.102

In Tabelle 5.13 ist der flächengrößenbezogene Vergleich der Umweltatlasdaten und der BWB-Daten dargestellt. Dieser beinhaltet als einziger von den fünf Vergleichen die drei ver-

schiedenen Versiegelungskategorien. In allen drei Kategorien ist die Differenz der Versiegelungsbewertungen in der ersten Klasse am höchsten. In der Kategorie Gesamtversiegelung spielt die Flächengröße der Blöcke zwischen 5.001 und 40.000 m² im Mittel keine Rolle. Hier ist die Differenz um 12 %. Ebenso beinhalten die Kategorie bebaut versiegelte Fläche mit 5-6 % und die Kategorie unbebaut versiegelte Fläche mit 9-11 % keine großen Unterschiede. In allen drei Kategorien ist jedoch die Differenz der Versiegelungsbewertung in der zweiten Klasse mit 5.001-10.000 m² jeweils leicht höher, als in den anderen Klassen. Die Differenzen der Kategorien Gesamtversiegelung ist als hoch und die unbebaut versiegelte Fläche als mittel zu bewerten. Die Differenz der bebaut versiegelten Fläche liegt knapp über der 5 %-Grenze zur geringen Bewertung. Hier lassen sich mit Ausnahme der Flächen <5.000 und >60.000 m² keine Unterschiede der Versiegelungsbewertung bei unterschiedlicher Flächengröße feststellen.

Tab. 5.13: Flächengrößenbezogener Vergleich der Umweltatlasdaten und der BWB-Daten

Klassen (m²)	Durchschnittliche Differenz der absoluten Versiegelungswerte der Gesamtversiegelung		Durchschnittliche Differenz der absoluten Versiegelungswerte der bebaut versiegelten Fläche		Durchschnittliche Differenz der absoluten Versiegelungswerte der unbebaut versiegelten Fläche		Anzahl der Teil- und Blockflächen
	(m²)	(%)	(m²)	(%)	(m²)	(%)	
< 5.000	489	17,97	267	9,82	472	17,35	565
5.001-10.000	996	13,28	491	6,54	856	11,41	2.143
10.001-15.000	506	12,05	734	5,87	1.306	10,45	2.745
15.001-20.000	2.000	11,43	998	5,70	1.669	9,54	2.301
20.001-25.000	2.521	11,20	1.192	5,30	2.071	9,21	1.713
25.001-30.000	3.301	12,00	1.487	5,41	2.612	9,50	1.312
30.001-35.000	3.893	11,98	1.778	5,47	3.103	9,55	998
35.001-40.000	4.670	12,45	2.094	5,58	3.686	9,83	410
40.001-60.000	6.265	12,53	2.718	5,44	5.000	10,00	1.053
>60.001	21.556	2,94	9.596	1,31	16.935	2,31	977

In Tabelle 5.14 ist der flächengrößenbezogene Vergleich der BWB-Daten und der Satellitendaten dargestellt. Im Vergleich der Gesamtversiegelung spielt die Flächengröße der Blöcke zwischen 10.001 und 60.000 m² im Mittel keine Rolle. Mit knappen 30 % ist die Differenz in der Klasse <5.000 m² und auch in der nächsten Klasse mit knappen 20 % sehr hoch. Dies ist auch wieder methodisch durch das Bewerten der nach innen gepufferten Blockflächen zu erklären. In der Klasse >60.001 m² ist die Differenz dagegen sehr niedrig. Dies bedeutet, dass in diesem Vergleich die Versiegelungsbewertung zwischen <5.000 und 10.000 m² sowie >60.001 m² flächengrößenabhängig ist.

Tab. 5.14: Flächengrößenbezogener Vergleich der BWB-Daten und der Satellitendaten

Klassen (m²)	Durchschnittliche Differenz der absoluten Versiegelungswerte der Gesamtversiegelung (m²)	Durchschnittliche Differenz der absoluten Versiegelungswerte der Gesamtversiegelung in Prozent zur durchschnittlichen Klassenfläche (%)	Anzahl der Teil- und Blockflächen
< 5.000	762	27,75	411
5.001-10.000	1.435	19,14	1.398
10.001-15.000	1.974	15,79	1.817
15.001-20.000	2.457	14,04	1.654
20.001-25.000	3.012	13,39	1.338
25.001-30.000	3.854	14,01	1.030
30.001-35.000	4.601	14,16	678
35.001-40.000	5.668	15,11	464
40.001-60.000	6.935	13,87	991
>60.001	23.355	2,62	1.541

Tabelle 5.15 zeigt den flächengrößenbezogenen Vergleich der BWB-Daten und der ALK-Daten. Im Vergleich der bebaut versiegelten Fläche spielt die Flächengröße der Blöcke zwischen 5.001 und 30.000 m² im Mittel keine Rolle. Mit Abweichungen <3 % ist die Differenz allgemein als gering zu bewerten. Allgemein lässt sich hier mit Abweichungen <4 % keine flächengrößenabhängige Abweichung feststellen. Ausnahme ist die letzte Klasse >60.001 m², wo mit 0,07 % keine relevante Abweichung vorhanden ist.

Tab. 5.15: Flächengrößenbezogener Vergleich der BWB-Daten und der ALK-Daten

Klassen (m²)	Durchschnittliche Differenz der absoluten Versiegelungswerte der bebaut versiegelten Fläche (m²)	Durchschnittliche Differenz der absoluten Versiegelungswerte der bebaut versiegelten Fläche in Prozent zur durchschnittlichen Klassenfläche (%)	Anzahl der Teil- und Blockflächen
< 5.000	107	3,91	489
5.001-10.000	204	2,73	2.003
10.001-15.000	337	2,69	2.648
15.001-20.000	497	2,84	2.238
20.001-25.000	657	2,92	1.676
25.001-30.000	800	2,91	1.276
30.001-35.000	1.035	3,19	853
35.001-40.000	1.133	3,02	516
40.001-60.000	1.443	2,89	1.034
>60.001	550	0,07	951

Die folgenden Abbildungen zeigen die obigen Tabellen noch einmal im Vergleich. In Abbildung 5.7 sind die Blockflächenanzahlen der jeweiligen Klassen dargestellt. Abbildung 5.8 und 5.9 stellen die obigen Tabellen noch einmal übersichtlich gegenüber. Da für die Kategorie unbebaut versiegelte Fläche nur ein Vergleich vorliegt wird dieser nicht in einer weiteren Abbildung gezeigt.

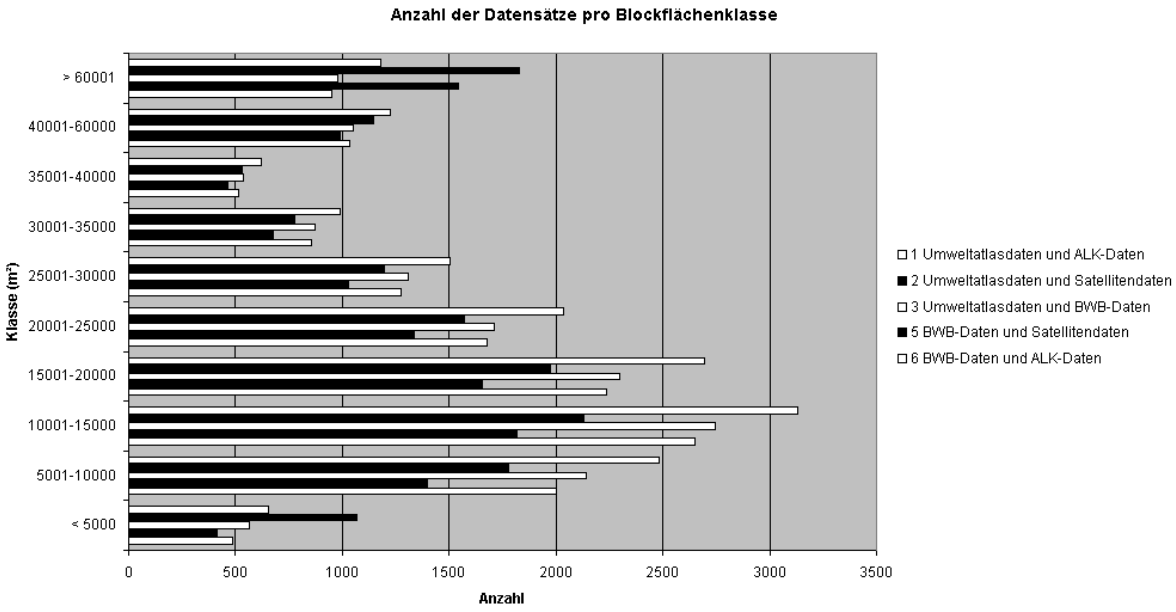


Abb. 5.7: Übersicht der Anzahl der Datensätze pro Blockflächenklasse

Abbildung 5.8 zeigt eine Übersicht der flächengrößenbezogenen Differenz der Gesamtversiegelung im Vergleich zur durchschnittlichen Gesamtabweichung. Es werden pro Blockflächenklasse und Gesamtdatenbestand die Differenzen zwischen den jeweiligen Vergleichen Umweltatlasdaten und Satellitendaten, Umweltatlasdaten und BWB-Daten sowie BWB-Daten und Satellitendaten abgebildet. Die Datensätze in einer Klasse, die die Anzahl von 1.000 nicht erreichen, sind mit einem Sternchen gekennzeichnet. Das Diagramm zeigt, dass die niedrigsten Abweichungen beim Vergleich Umweltatlasdaten und Satellitendaten auftreten, wohingegen die höchsten Abweichungen beim Vergleich BWB-Daten und Satellitendaten auftreten. Die höchsten Differenzen treten im Zusammenhang mit den Satellitendaten in der Klasse <5.000 m² auf. Dies hat, wie oben genannt, eine methodische Ursache. Die Gesamtabweichung verhält sich bei allen drei Vergleichen mit Ausnahme der Klasse <5.000 und >60.001 m² ähnlich der Abweichung in den Klassen.

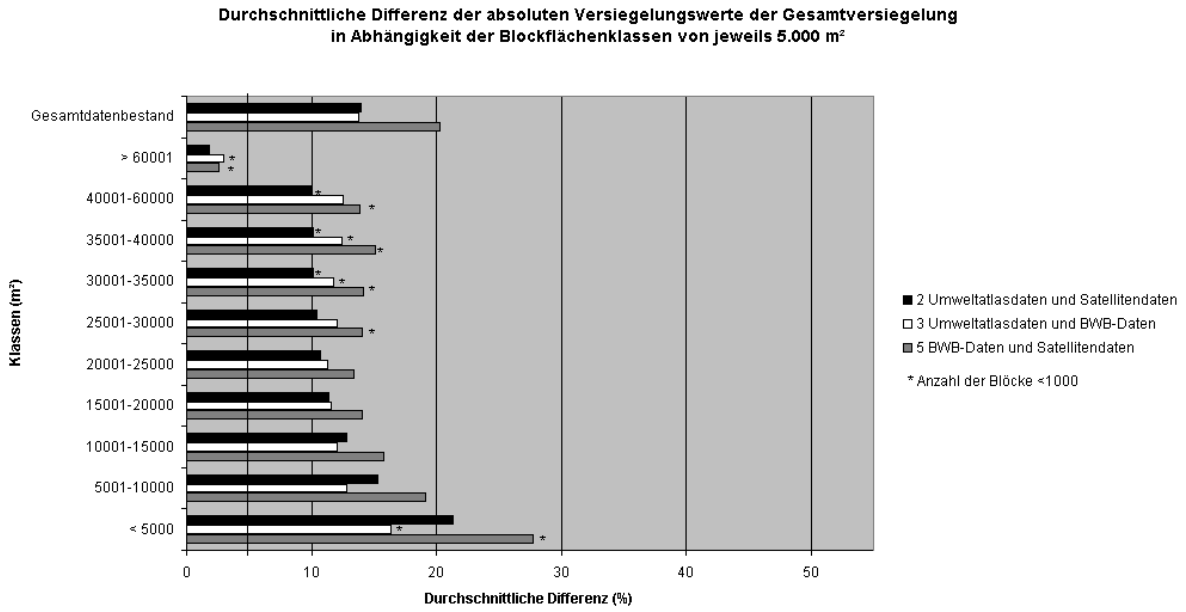


Abb. 5.8: Übersicht der durchschnittlichen Differenz der absoluten Versiegelungswerte der Gesamtversiegelung in Abhängigkeit der Flächengrößenklassen von jeweils 5.000 m² im Vergleich zur durchschnittlichen Differenz des Gesamtdatenbestandes

In der Abbildung 5.9 ist eine Übersicht der flächengrößenbezogenen Differenz der bebaut versiegelten Fläche im Vergleich zur durchschnittlichen Gesamtabweichung dargestellt. Es werden pro Klasse und Gesamtdatenbestand die Differenzen zwischen den jeweiligen Vergleichen Umweltatlasdaten und ALK-Daten, Umweltatlasdaten und BWB-Daten sowie BWB-Daten und ALK-Daten abgebildet. Das Diagramm zeigt, dass die niedrigsten Abweichungen beim Vergleich BWB-Daten und ALK-Daten auftreten, wohingegen die höchsten Abweichungen beim Vergleich Umweltatlasdaten und BWB-Daten auftreten. Die Abweichungen des Vergleichs Umweltatlasdaten und ALK-Daten befinden sich meist zwischen den beiden anderen Vergleichen. Die Gesamtabweichung verhält sich wieder bei allen drei Vergleichen mit Ausnahme der Klassen <5.000 und >60.001 m² ähnlich der Abweichung in den Klassen.

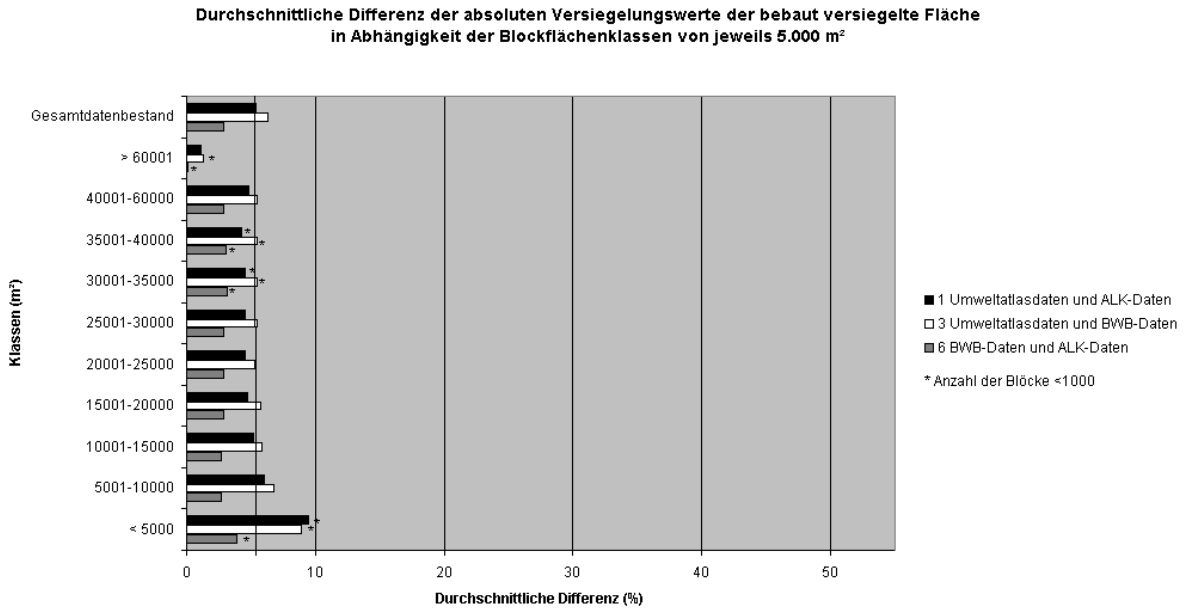


Abb. 5.9: Übersicht der durchschnittlichen Differenz der absoluten Versiegelungswerte der bebaut versiegelten Fläche in Abhängigkeit der Flächengrößenklassen von jeweils 5.000 m² im Vergleich zur durchschnittlichen Differenz des Gesamtdatenbestandes

Dieser flächengrößenbezogene Vergleich zeigt, dass in den mittleren Klassen zwischen ca. 15.000 und 40.000 m² die Blockflächengröße keine Rolle spielt. Bei den kleinen Flächen <5.000 m² treten größere Differenzen der Versiegelungsbewertungen auf, bei großen Flächen >60.000 m² mit Quadratmeterspannen von >1 Mio. m² werden die Differenzen auch wegen der Flächengröße kleiner. Die Bewertungen der Kategorie bebaut versiegelte Fläche sind weniger flächenabhängig als die der unbebaut versiegelten Fläche bzw. Gesamtversiegelung.

Insgesamt lässt sich also sagen, dass die Versiegelungsbewertung nur bei Flächen <5.000 m² und meistens auch zwischen 5.000 und 10.000 m² flächengrößenabhängig ist. Die am Anfang aufgestellte These, dass bei der Berechnung der Differenzen zweier Datenbestände wahrscheinlich Fehler bei sehr kleinen Blockflächen bestehen, bestätigt sich damit.

5.7 Nutzungsspezifischer Vergleich

Die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung unterscheidet im Digitalen Umweltatlas von Berlin in 30 verschiedene Nutzungen, bestehend aus Baulicher Nutzung (WOZ) und Grünnutzung (GRZ), sowie Flächentypen (TYP), die vor allem die baulichen Nutzungen nochmals untergliedern. Jedem Block bzw. Teilblock ist eine Nutzung und ein Flächentyp zugewiesen, wobei bei einem Block mit zwei Nutzungsinformationen (WOZ und GRZ) die Grünnutzung Vorrang hat und angegeben ist. Ausgehend von den Blockschlüsseln wurden diese Informationen auf alle Datenbestände übertragen. Da für geteilte Blockflächen die Informationen nur für die Teilblöcke, nicht aber für den gesamten Block vorliegen, konnten den Satellitendaten nicht immer Nutzungen bzw. Flächentypen zugewiesen werden. Von den insgesamt 14.651 Blockflächen haben 11.925 eine Nutzungsinformation.

Die bauliche Nutzung wird in folgende elf (vgl. Tab. 5.16), die Grünnutzung in 19 Nutzungen (vgl. Tab. 5.17) und die Flächentypen in 63 unterschiedliche Typen unterteilt (vgl. Tab. 5.18).

Tab. 5.16: Bauliche Nutzung (WOZ)

WOZ	Bezeichnung
10	Wohngebiet
21	Mischgebiet I (Wohnen, Handel, Dienstleistungen, Gewerbe)
22	Mischgebiet II (überwiegend produzierendes Gewerbe)
23	Mischgebiet I (nur Ost-Berlin, überwiegend Kleingewerbe)
30	Kerngebiet
40	Gewerbe- und Industriegebiet
50	Gemeinbedarfs- und Sondernutzungen
60	Ver- und Entsorgungseinrichtungen
70	Wochenendhausgebiet
80	Verkehrsfläche
90	Baustelle

Tab. 5.17: Grünnutzung (GRZ)

GRZ	Bezeichnung
100	Wald
101	Waldgebiet
102	Waldartige Bestände außerhalb der Berliner Forsten
110	Gewässer
121	Grünland (Wiesen u. Weiden)
122	Ackerland
130	Park, Grünfläche
140	Stadtplatz/Promenade (Versiegelung >= 30%)
150	Friedhof
160	Kleingarten
161	Kleingarten (Anteil Dauerbewohner <= 10%) nur Ost-Berlin
162	Kleingarten (Anteil Dauerbewohner > 10%) nur Ost-Berlin
171	Brachfläche, vegetationsfrei, unversiegelt
172	Brachfläche, wiesenartiger Vegetationsbestand
173	Brachfläche, Mischbestand aus Wiesen, Gebüsch und Bäumen
174	Brachfläche, waldartiger Vegetationsbestand
180	Campingplatz
190	Sportplatz/Freibad (inkl. Wassersport, Tennis, Reiten etc.)
200	Baumschule/Gartenbau

Tab. 5.18: Flächentypen (TYP)

TYP	Bezeichnung
1	Geschlossener Hinterhof
2	Hinterhof
3	Schmuck- und Gartenhof
4	Sanierung der Entkernung
5	Behutsame Sanierung
6	Schuppenhof
7	Nachkriegsblockrand
8	Ungeordneter Wiederaufbau
9	Hochhaus, Großsiedlung
10	Großhof und Zeilenbebauung der 20er und 30er Jahre (im Ostteil nur Großhof)
11	Zeilenbebauung seit den 50er Jahren
12	Altbau-Schule (Baujahr vor 1945)
13	Neubau-Schule (Baujahr nach 1945)
14	Schule
15	Wassersport
21	Dorf
22	Reihengarten
23	Garten
24	Parkartiger Garten
25	Gärten und halbprivate Umgrünung
26	offene Siedlungsbebauung

TYP	Bezeichnung
27	Friedhof
28	Sportanlage
29	Kerngebiet
30	Gewerbegebiet mit geringer Bebauung
31	Gewerbegebiet mit dichter Bebauung
32	Flächen der Ver- und Entsorgung
33	Mischgebiet II mit geringer Bebauung
34	Kleingartenanlage mit niedrigem Erschließungsflächenanteil
35	Kleingartenanlage mit hohem Erschließungsflächenanteil
36	Baumschule/Gartenbau
37	Kleingartenanlage allgemein
38	Mischgebiet II mit dichter Bebauung
39	Mischgebiet I (z.B. Gaststätten)
41	Sicherheit und Ordnung
42	Post
43	Verwaltung
44	Hochschule und Forschung
45	Kultur
46	Krankenhaus
47	Kindertagesstätte
49	Kirche
50	Seniorenheim
51	Jugendfreizeitheim
53	Grünanlage/Park
54	Stadtplatz/Promenade
55	Wald
56	Landwirtschaft
57	Brachfläche
58	Campingplatz
59	Wochenendhäuser
60	Gemeinbedarf allgemein
71	Plattenbausiedlung der 80er und 90er Jahre
72	Zeilenbebauung der 20er und 30er Jahre (nur Ost-Berlin)
73	Siedlung der 90er Jahre kompakt >= 4 Geschosse (Geschosswohnungsbau)
74	Siedlung der 90er Jahre aufgelockert < 4 Geschosse (Reihen-, Einzel-, Doppelhäuser)
91	Parkplatz
92	Bahnanlagen
93	Flughafen
94	sonstige Verkehrsfläche
98	Baustelle
99	Gleiskörper
100	Gewässer

Mit dem nutzungsspezifischen Vergleich soll festgestellt werden, ob die Abweichungen zwischen den einzelnen Versiegelungserhebungen nutzungsabhängig sind.

Die Untergrenze der zu betrachtenden Datenbestände pro Nutzung beträgt 100 Blöcke[17]. D.h. ein Datensatz wird zunächst nach seinen Nutzungen (WOZ, GRZ) sortiert. Dann wird die mittlere Differenz im Betrag der verschiedenen Versiegelungskategorien zweier Datenbestände gebildet. Dies erfolgt wieder auf Basis einer gemeinsamen Bezugsfläche, d.h. der selben Blockflächenanzahl, Gesamtfläche und Nutzung. Der Mittelwert der m² wird dann prozentual in Bezug zur angenommenen mittleren Blockfläche von 29.000 m² angegeben.

Am Beispiel Umweltatlasdaten und BWB-Daten wird im Folgenden die Berechnung gezeigt. Die gemeinsame Bezugsfläche besteht aus 14.217 Block- und Teilblockflächen und einer Gesamtfläche von 386.272.265 m². Nach der Nutzung sortiert ergeben sich

für die Nutzung Wohngebiet 8.818 zu vergleichende Blockflächen,
für die Nutzung Park, Grünfläche 299 Blockflächen,
für die Nutzung Friedhof 132 Blockflächen,
für die Nutzung Kleingarten 327 Blockflächen,
für die Nutzung Brachfläche 235 Blockflächen,
für die Nutzung Sportplatz 313 Blockflächen,
für die Nutzung Mischgebiet 1.043 Blockflächen,
für die Nutzung Kerngebiet 235 Blockflächen,
für die Nutzung Gewerbe- und Industriegebiet 865 Blockflächen,
für die Nutzung Gemeinbedarfs- und Sondernutzung 1.402 Blockflächen,
für die Nutzung Ver- und Entsorgungseinrichtungen 125 Blockflächen und
für die Nutzung Verkehrsfläche 217 zu vergleichende Blockflächen

mit einer Anzahl >100. Für jede Nutzung und jede Versiegelungskategorie wird jetzt die durchschnittliche Differenz im Betrag errechnet. Für die Nutzung Wohngebiet (10) wird die Differenz im Betrag von insgesamt 9.630.052 m² für die bebaut versiegelte Fläche, von 13.693.698 m² für die unbebaut versiegelte Fläche und von 17.974.761 m² für die Gesamtversiegelung berechnet. Das entspricht einer durchschnittlichen Differenz der versiegelten Fläche der 8.818 Blöcke von 1.092 m², 1.553 m² bzw. 2.038 m². Dies in Prozent zur durchschnittlichen Blockfläche von 29.000 m² ausgedrückt entspricht wiederum einer mittleren Differenz zwischen den Umweltatlasdaten und den BWB-Daten von 3,77 % bei der bebaut versiegelten Fläche, von 5,35 % bei der unbebaut versiegelten Fläche und von 7,03 % bei der Gesamtversiegelung. Dadurch, dass die Differenz im Betrag genommen wird, ist die Summe der Differenzen der bebaut und unbebaut versiegelten Fläche nicht gleich der, der Gesamtversiegelung.

Die Tabellen A 4.1 bis A 4.6 im Anhang zeigen die jeweiligen nutzungsspezifischen Differenzen der einzelnen Vergleichsdatensätze. In den anschließenden Abbildungen sind die Differenzen der jeweiligen Nutzungen gegenübergestellt (vgl. Abb. 5.10 bis 5.20). Hier ist jeweils die 5 %-Grenze eingezeichnet.

Bedingt durch die unterschiedlichen Datenbestände und die Mindestanzahl der zu vergleichenden Blockflächen von 100, sind nicht alle Nutzungen für jeden Vergleich berechnet wor-

[17] Diese Einschränkung wurde aufgrund der zeitlichen Begrenzung dieser Untersuchung vorgenommen.

den. Die meisten Vergleiche und gleichzeitig die geringsten Differenzen weist die Nutzung **Wohngebiet** (10) auf. Mit Ausnahme des Vergleichs Umweltatlasdaten und terrestrische Daten herrschen hier die geringsten Differenzen bei den bebaut versiegelten Flächen. Die geringste Differenz tritt zwischen den terrestrischen Daten und den ALK-Daten auf. Die zweit geringste bei dem Vergleich zwischen den BWB-Daten und den ALK-Daten. Dies ist bei fast allen nutzungsspezifischen Vergleichen und auch beim Gesamtvergleich der Fall und lässt sich auf die Erhebungsmethode der BWB-Daten zurückführen, die die ALK-Daten als Grundlage nutzten. Die einzigen Differenzen >10 % treten bei dieser Nutzung in der Kategorie unbebaut versiegelte und gesamtversiegelte Fläche beim Vergleich BWB-Daten und terrestrische Daten auf (vgl. Abb. 5.10). Dies ist aufgrund der Erhebungsmethoden gerade bei der unbebaut versiegelten Fläche in Wohngebieten, die auch die BWB sehr genau erhoben haben, überraschend. Die Abweichung der Gesamtversiegelung erklärt sich durch die Abhängigkeit dieser von der unbebaut versiegelten Fläche.

Die höchsten Differenzen treten bei der Nutzung **Verkehrsfläche** (80) auf. Mit ca. 50 % sind die Differenzen der Kategorien Gesamtversiegelung und unbebaut versiegelte Fläche beim Vergleich Umweltatlasdaten und BWB-Daten sehr hoch. Die BWB-Daten geben für Verkehrsflächen in der Kategorie unbebaut versiegelt häufig den Wert 0 m² an, der dafür spricht, dass diese Flächen nicht bewertet wurden. Die Differenz der Gesamtversiegelung hängt von der Bewertung der unbebaut versiegelten Fläche ab und ist ebenfalls sehr hoch. Die Differenz der BWB-Daten und den Satellitendaten ist mit 30 % auch sehr hoch. Dies lässt sich auch durch die Nichtbeachtung dieser Flächen von Seiten der BWB erklären (vgl. Abb. 5.20).

Bei den Nutzungen **Mischgebiet** (21-23), **Kerngebiet** (30), **Gemeinbedarfs- und Sondernutzung** (50) sowie bei den Nutzungen **Park, Grünfläche** (130) und **Brachfläche** (171-174) ergeben die Diagramme ähnliche Bilder. Die Differenzen der Kategorie bebaut versiegelte Fläche bewegen sich im niedrigen Bereich, die der unbebaut versiegelten Fläche und Gesamtversiegelung im mittleren bis hohen Bereich. Die Verteilungen der Abweichungen bei den Nutzungen Mischgebiet, Kerngebiet und Gemeinbedarfs- und Sondernutzung sind niedrig bis hoch und entsprechen denen des Gesamtvergleichs (vgl. Abb. 5.16, 5.17, 5.19). Auffällig ist die Differenz von 4 % beim Vergleich der Umweltatlasdaten und der Satellitendaten für die Nutzung Kerngebiet, da dieser Wert weniger als die Hälfte des Gesamtvergleichs beträgt. Bei den Grünnutzungen 130 und 171-174 sind die Differenzen der einzelnen Vergleiche mit <5 % für bebaute Flächen, mit ca. 10 % für unbebaut versiegelte Flächen und einer Gesamtversiegelung von guten 10 % nahezu gleich (vgl. Abb. 5.11, 5.14). Auffällig ist die Differenz der Gesamtversiegelung beim Vergleich Umweltatlasdaten und Satellitendaten, die mit 4,4 % bei der Nutzung Park, Grünfläche einem knappen Drittel der Differenz des Gesamtvergleichs entspricht. Dies spricht dafür, dass die Satellitendaten für die Versiegelungsbewertung von Grünflächen innerhalb der Stadt gut geeignet sind.

Ähnlich den eben genannten Nutzungen sind die Nutzung **Friedhof** (150) und **Sportplatz** (190), die jedoch in den Kategorien unbebaut versiegelt und Gesamtversiegelung insgesamt höhere Differenzen aufweisen. Den 125 Flächen mit der Nutzung Friedhof haben die BWB-Daten ein Fünftel mit 0 m² unbebaut versiegelte Fläche bewertet, was wieder darauf schließen lässt, dass diese nicht betrachtet wurden und deshalb Differenzen von 30 % zu den

Umweltatlasdaten auftreten. Die Werte der BWB-Daten und der ALK-Daten stimmen jedoch gut überein, und auch die Differenz der Umweltatlasdaten und den ALK-Daten sind mit 2,8 % noch niedrig zu bewerten (vgl. Abb. 5.12, 5.15).

Die Nutzung **Kleingärten** (160-162) zeigt Differenzen >5 % bis 36 %. Die höchsten Differenzen tauchen wieder bei dem Vergleich Umweltatlasdaten und BWB-Daten auf. Auffällig ist auch die 13,6prozentige Differenz der Umweltatlasdaten und Satellitendaten. Hierfür können die für Kleingärten typischen Bäume verantwortlich sein, die über Wege und Gartenhäuser hinüberragen und nicht von der Satellitenbildauswertung erfasst werden. Für die im Vergleich mit den ALK-Daten eher hohen Differenzen von 6,4 % mit den BWB-Daten und von 9,1 % mit den Umweltatlasdaten ist der lückenhafte Bestand der ALK verantwortlich. Hier fehlen aufgrund der noch nicht abgeschlossenen sekundären Erfassung von Gebäuden, die nicht Gebäuden im Rechtssinn des Baugesetzbuches entsprechen, besonders Gartenhäuser in diesen Gebieten. Die Differenzen zwischen den ALK-Daten und den BWB-Daten können zum Teil auch wieder wegen der fehlenden Kartierung dieser Flächen von Seiten der BWB entstanden sein (vgl. Abb. 5.13).

Der letzte nutzungsspezifische Vergleich bezieht sich auf **Gewerbe- und Industriegebiete** (40). Hier sind die Differenzen der bebaut versiegelten Flächen mit Ausnahme des Vergleichs BWB-Daten und ALK-Daten (8,5 %) ca. 20 %. Dies ist im nutzungsspezifischen Vergleich mit Abstand die höchste Differenz in dieser Kategorie. Allgemein weisen jedoch alle anderen Vergleiche in dieser Nutzung hohe bis sehr hohe Differenzen auf. Dies kann vor allem daran liegen, dass die Freiflächen oft aus Brachflächen bestehen, die aufgrund ihrer sandigen Oberfläche mittel des Satellitenbildern nur schlecht als unversiegelt zu erheben sind. Ein weiterer, gewichtiger Grund ist die große Dynamik, die auf diesen meist großen Flächen herrscht. Bei dieser Nutzung spielen dann auch die unterschiedlichen Aufnahmedaten mit einer Spanne von ca. einem Jahr eine wichtige Rolle (vgl. Abb. 5.8, Kapitel 5.9.3).

Der nutzungsspezifische Vergleich zeigt, dass bestimmte Versiegelungsbewertungen nutzungsabhängig sind. Gerade die Nutzung Wohngebiet (10) lässt sich gut mit der ALK bewerten. Auffällig ist, dass gerade die innerstädtischen Grünflächen zufriedenstellend mit den Satellitendaten erhoben wurden. Leider fehlen diese im Vergleich der Nutzungen Friedhof (150) und Sportplatz (190). Bei der Nutzung Friedhof wäre der Vergleich wahrscheinlich aufgrund der ähnlichen Oberflächenstruktur gleichsam gut, wohingegen bei der Nutzung Sportplatz Probleme mit der Erhebung von z.B. Tennisplätzen bestehen. Große Probleme haben alle Erhebungsmethoden jedoch vor allem bei den Nutzungen Kleingärten (160-162) und Gewerbe- und Industriegebiet (40). Kleingärten sind aufgrund ihrer kleinteiligen Oberflächenstruktur und vielen Verdeckungen durch Bäume schwer mit einer Satellitenbildauswertung zu erheben. Da sich die Gartenhäuser leider auch nicht aus der ALK entnehmen lassen, ist diese Nutzung auch für zukünftige Erhebungen ein Problem.

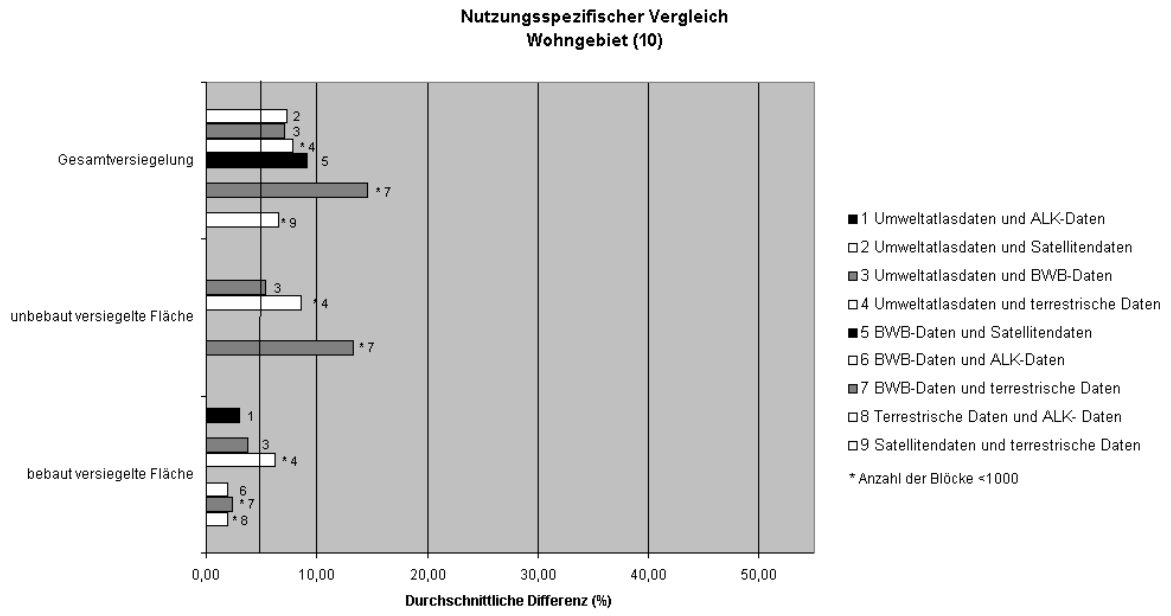


Abb. 5.10: Nutzungsspezifischer Vergleich, Wohngebiet (10)

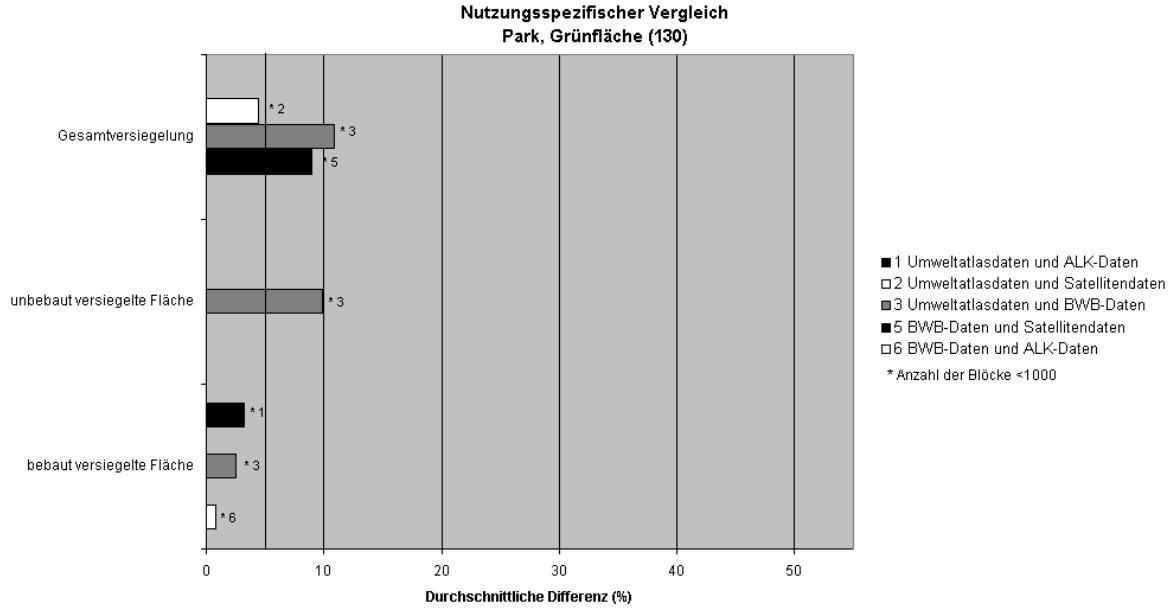


Abb. 5.11: Nutzungsspezifischer Vergleich, Park, Grünfläche (130)

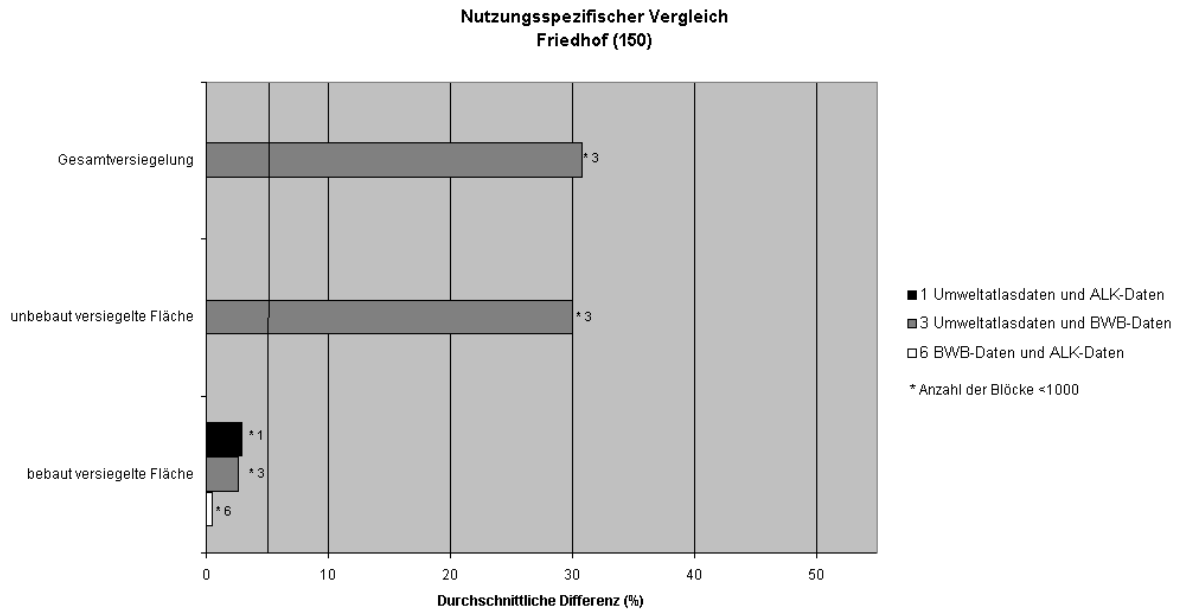


Abb. 5.12: Nutzungsspezifischer Vergleich, Friedhof (150)

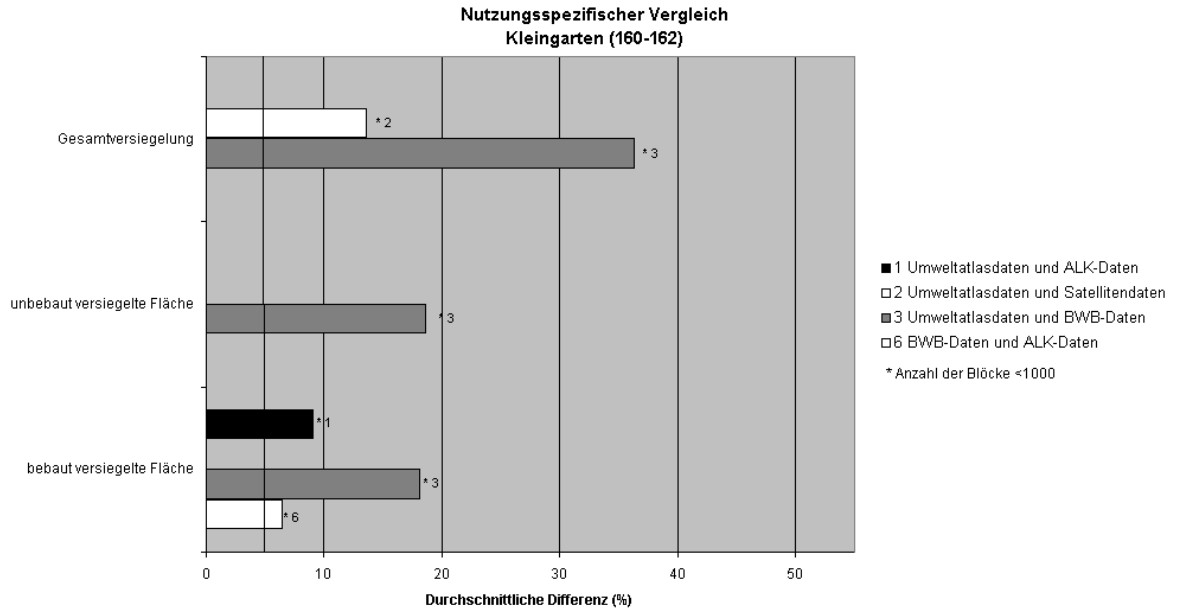


Abb. 5.13: Nutzungsspezifischer Vergleich, Kleingarten (160-162)

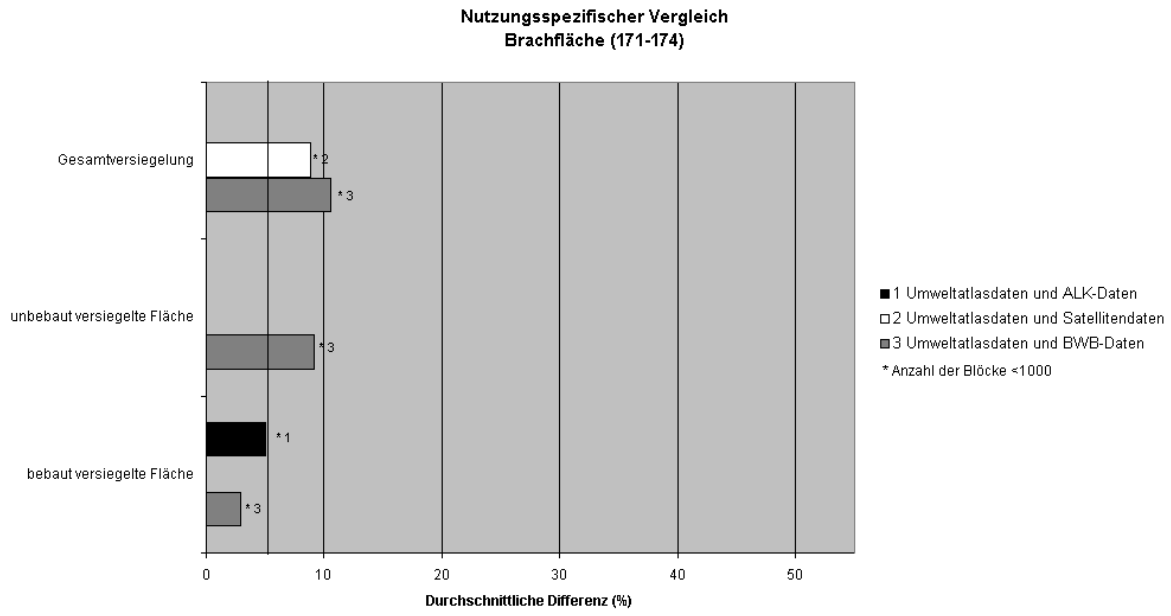


Abb. 5.14: Nutzungsspezifischer Vergleich, Brachfläche (171-174)

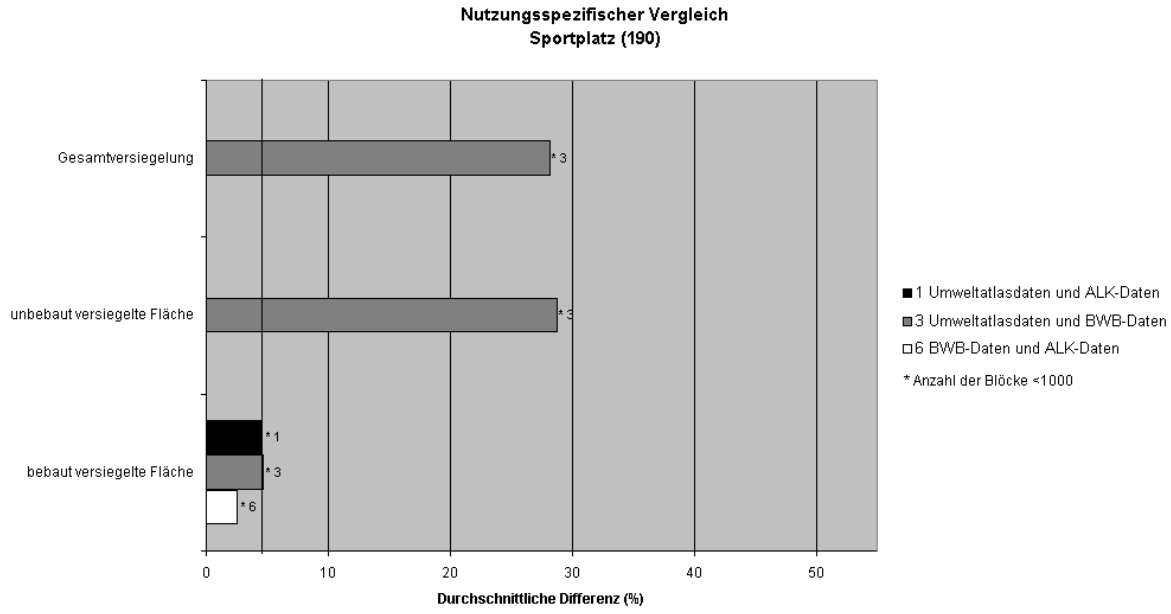


Abb. 5.15: Nutzungsspezifischer Vergleich, Sportplatz (190)

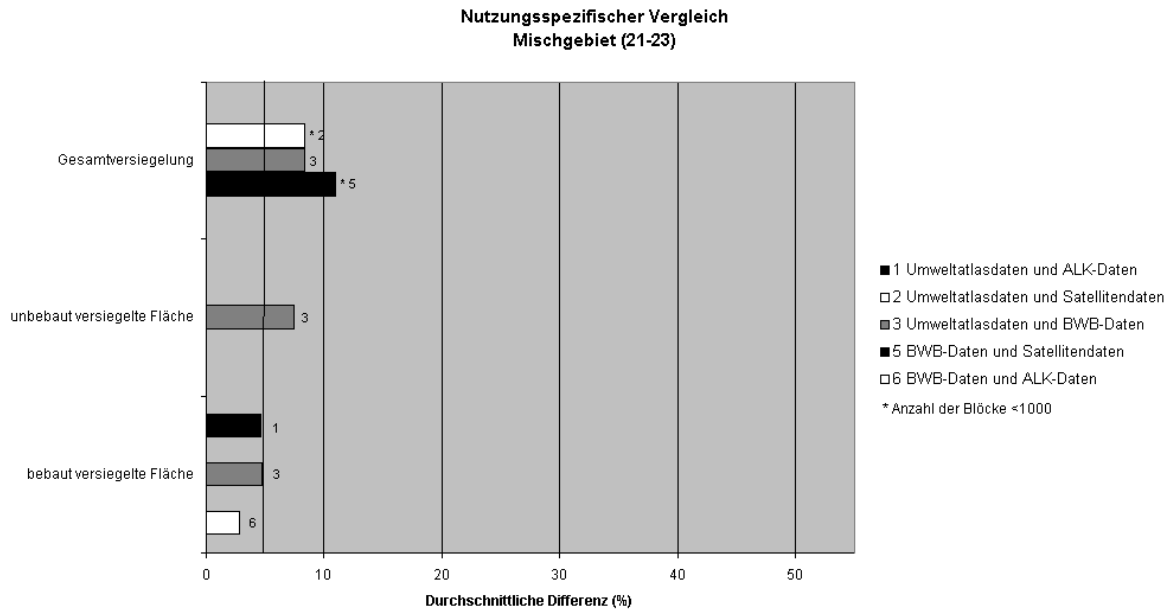


Abb. 5.16: Nutzungsspezifischer Vergleich, Mischgebiet (21-23)

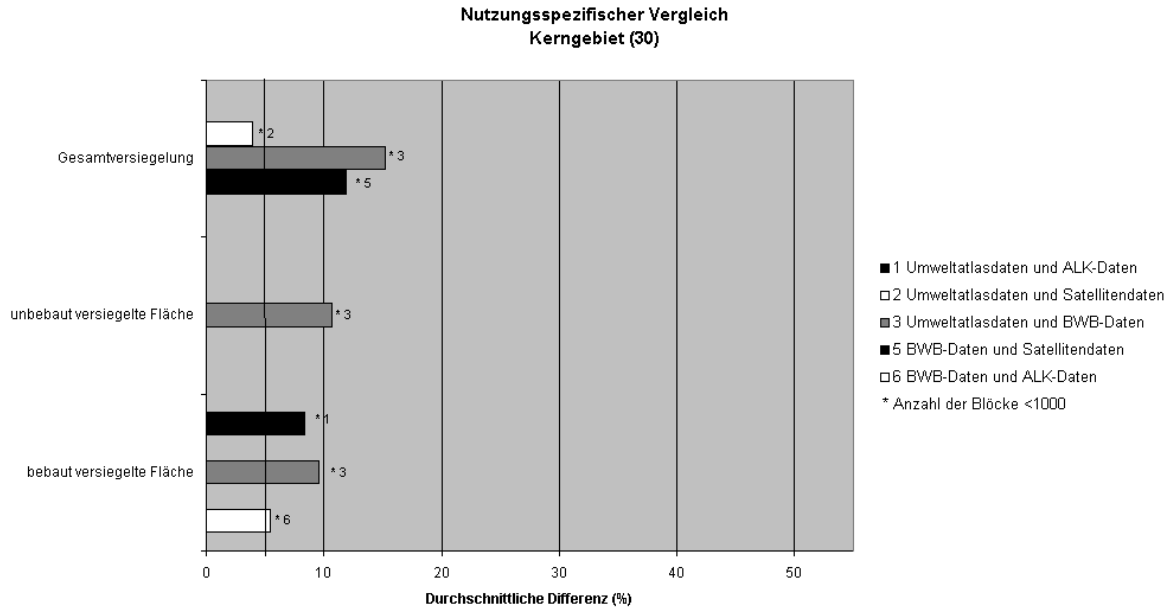


Abb. 5.17: Nutzungsspezifischer Vergleich, Kerngebiet (30)

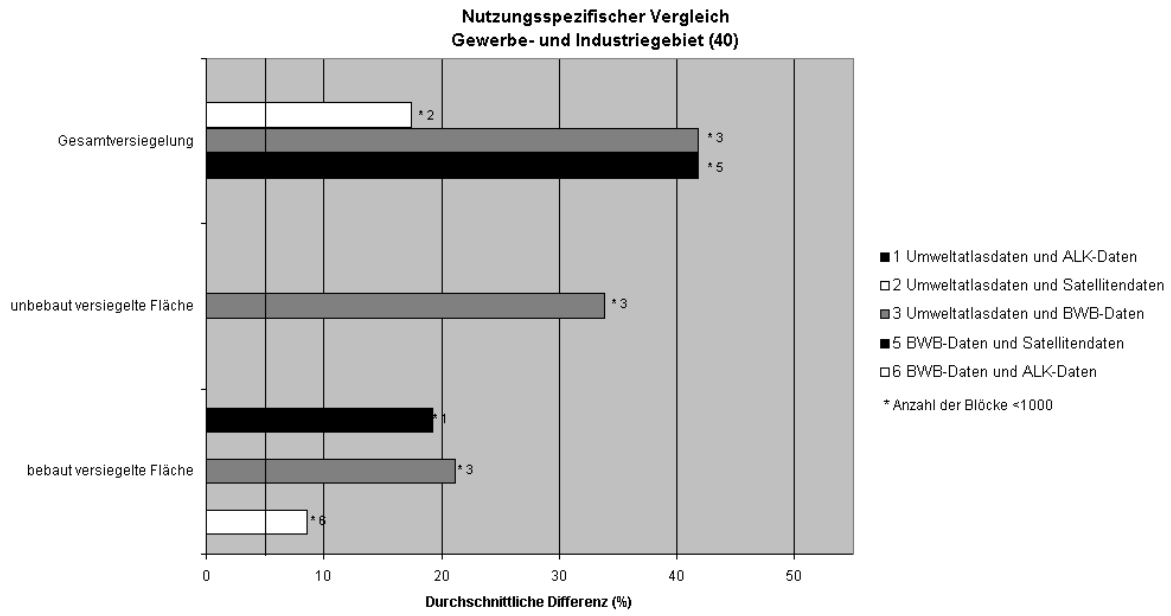


Abb. 5.18: Nutzungsspezifischer Vergleich, Gewerbe- und Industriegebiet (40)

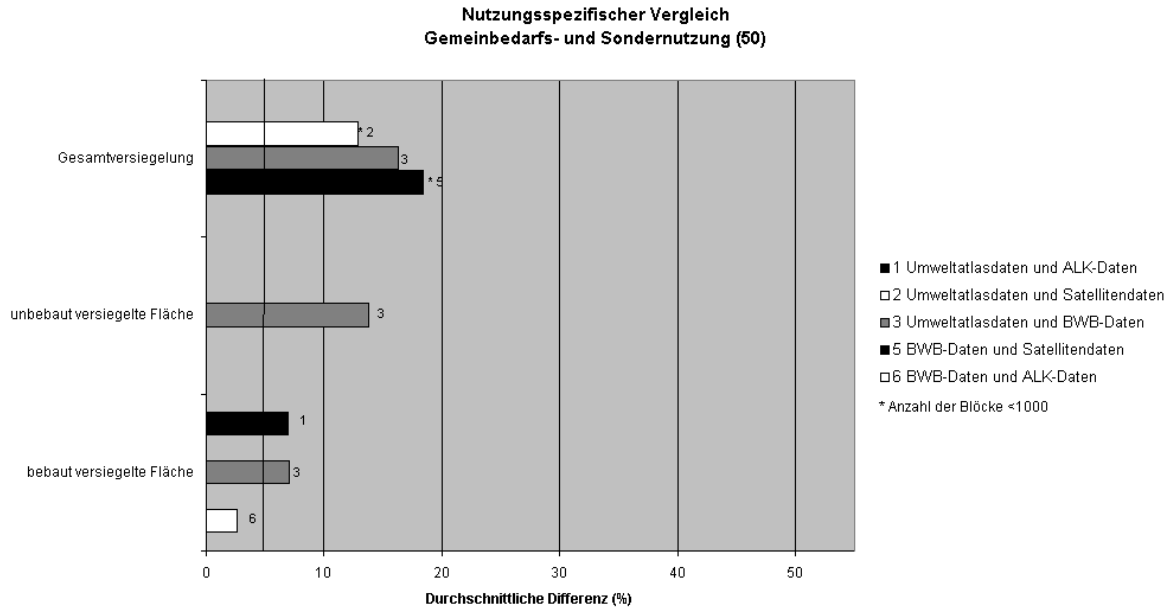


Abb. 5.19: Nutzungsspezifischer Vergleich, Gemeinbedarfs- und Sondernutzung (50)

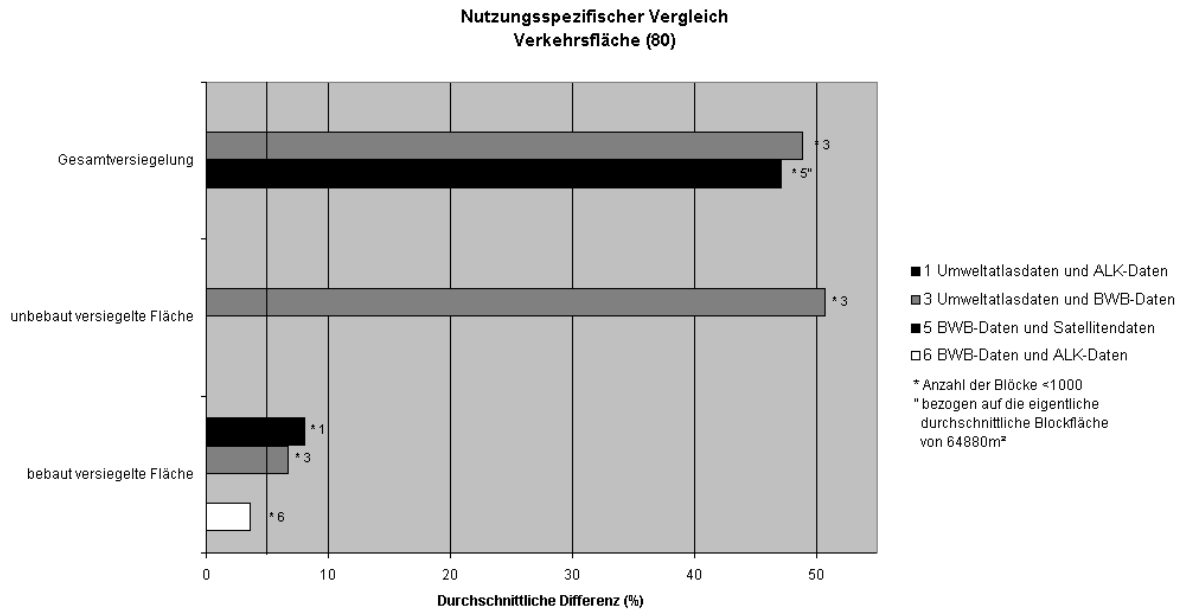


Abb. 5.20: Nutzungsspezifischer Vergleich, Verkehrsfläche (80)

5.8 Stadtstrukturtypenvergleich

Eine Möglichkeit des noch differenzierteren Vergleichs bieten die Flächentypen (TYP). Da ein Vergleich mit jedem einzelnen Typ jedoch den Umfang dieser Untersuchung überschreiten würde, wurde die Zusammenfassung der Typen zu Stadtstrukturtypen der Karte 6.7 des Digitalen Umweltatlas Berlin[18] übernommen (SENSTADT 2002) . Tabelle 5.19 zeigt die Zusammensetzung der Flächentypen eines Stadtstrukturtyps.

Tab. 5.19: Stadtstrukturtypen (SENSTADT 2005B)

	Stadtstrukturtyp	**Flächentypen**
A	Geschlossene Blockbebauung der Gründerzeit mit Seitenflügeln und Hinterhäusern	1 - Geschlossener Hinterhof 2 – Hinterhof 5 - Behutsame Sanierung
B	Geschlossene Blockrandbebauung der Gründerzeit mit geringem Anteil an Seiten- und Hintergebäuden	3 - Schmuck-, Gartenhof 6 - Schuppenhof
C	Geschlossene Blockrandbebauung der Gründerzeit mit massiven Veränderungen	4 - Sanierung der Entkernung 7 - Nachkriegsblockrand
D	Geschlossene bis offene Blockrand- und Zeilenbebauung der 20er und 30er Jahre	10 – Großhof 72 - Zeile der 20/30er Jahre
E	Offene Zeilenbebauung der 50er bis 70er Jahre	11 - Zeile seit den 50er Jahren
F	Offene, hohe Bebauung der Nachkriegszeit	8 - Ungeordneter Wiederaufbau 9 - Großsiedlung
H	Offene, niedrige Bebauung mit Hausgärten	21 – Dorf 22 – Reihengarten 23 – Garten 26 - offene Siedlungsbebauung 59 - Wochenendhaus
I	Offene Villenbebauung mit parkartigen Gärten	24 - Parkartiger Gartentyp
J	Offene Bebauung mit Gärten und halbprivater Umgrünung	25 - Gärten und halbprivate Umgrünung
L	Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Handel / Dienstleistung	29 – Kerngebiet 39 - Ausflugsgaststätte
M	Geringe Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Gewerbe / Industrie	30 - Gewerbe geringe Bebauung 32 - Ver- u. Entsorgung 33 - Mischgebiet II geringe Bebauung
N	Dichte Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Gewerbe / Industrie	31 - Gewerbe dichte Bebauung 38 - Mischgebiet II dichte Bebauung

	Stadtstrukturtyp	**Flächentypen**
O	Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Gemeinbedarf und Sondernutzung	12 – Altbauschule 13/14 - Neubau- / Schule 41 - Sicherheit und Ordnung 42 – Post 43 - öffentliche Verwaltung 44 - Hochschule / Forschung 45 – Kultur 46 – Krankenhaus 47 – KiTa 49 – Kirche 50 – Seniorenheim 51 – Jugendfreizeitheim 60 - Gemeinbedarf allgemein
P	Nicht oder gering bebaute Grün- und Freiflächen	15 – Wassersport 27 – Friedhof 28 – Sportanlage 34,35,37 – Kleingarten 53 - Grünanlage / Park 54 - Stadtplatz / Promenade 57 – Brachfläche 58 - Campingplatz
Q	Nicht oder gering bebaute Verkehrsflächen ohne Straßenland	92 - Bahnanlage ohne Gleiskörper 99 - Gleiskörper auf Hochtrasse 91 – Parkplatz 94 - sonstige Verkehrsflächen

Der anschließende Stadtstrukturtypenvergleich erfolgt wie der eben genannte Nutzungsvergleich durch die Berechnung der mittleren Differenz im Betrag der verschiedenen Versiegelungskategorien zweier Datenbestände pro Stadtstrukturtyp (vgl. Tab. A 5.1 – A 5.7 im Anhang). Hierbei gilt wieder die Mindestanzahl von 100 Blockflächen. Dadurch erscheint jedoch der Datensatz der terrestrischen Kartierung in Marzahn nur bei einem Vergleich, nämlich der offenen, niedrigen Bebauung mit Hausgärten (H).

Interessant ist der untergliederte Vergleich der Nutzung **Wohngebiet** (10) in neun unterschiedene Stadtstrukturtypen der Wohnbebauung (A-F, H-J). Allerdings weisen davon die **Geschlossene Blockbebauung der Gründerzeit mit Seitenflügeln und Hinterhäusern** (A), die **Geschlossene Blockrandbebauung der Gründerzeit mit geringem Anteil an Seiten- und Hintergebäuden** (B), die **Geschlossene Blockrandbebauung der Gründerzeit mit massiven Veränderungen** (C), die **Geschlossene bis offene Blockrand- und Zeilenbebauung der 20er und 30er Jahre** (D), die **Offene Zeilenbebauung der 50er bis 70er Jahre** (E), die **Offene Villenbebauung mit parkartigen Gärten** (I) und die **Offene Bebauung mit Gärten und halbprivater Umgrünung** (J) nahezu die gleichen Differenzen auf. Die Differenzen der einzelnen Vergleiche sind in der Kategorie bebaut versiegelt immer <5 %,

[18] In dieser Untersuchung wurde die Einteilung der Stadtstrukturtypen der Ausgabe 2002 verwendet. Aktuell gibt es eine neue Ausgabe von 2005, die sich in wenigen Punkten unterscheidet.

unbebaut versiegelt zwischen 5 und 10 % sowie bei der Gesamtversiegelung <15 %. Das entspricht dem Vergleich der Nutzung Wohngebiet (10) (vgl. Abb. 5.10, 5.21-5.26, 5.28, 5.29). Ausreißer der Wohnbebauung sind die Stadtstrukturtypen **Offene, hohe Bebauung der Nachkriegszeit** (F) und **Offene, niedrige Bebauung mit Hausgärten** (H). Die Differenzen des Stadtstrukturtyps F betragen bei den bebaut versiegelten Flächen mit Ausnahme des Vergleichs BWB-Daten und ALK-Daten ca. 7 %, bei den unbebaut versiegelten Flächen ca. 15 % und bei der Gesamtversiegelung 15 bis 25 %. Die knapp 25 % Differenz zwischen den BWB-Daten und den Satellitendaten lassen sich durch Schwierigkeiten der Satellitenbildauswertung bei hoher Bebauung erklären (Schattenwurf), ebenso die Differenz zwischen den Umweltatlasdaten und den Satellitendaten. Der **Stadtstrukturtyp Offene, niedrige Bebauung mit Hausgärten** (H) ist der einzige Vergleich, der auch die terrestrischen Daten mit einbezieht. Die Kategorien bebaut und unbebaut versiegelt sind mit <5 % niedrig und auch die Gesamtversiegelung ist mit <7 % noch mittel einzustufen. Insgesamt treten hier die geringsten Differenzen auf. Mit einer Differenz von 1,7 % weichen die Daten der ALK am wenigsten von denen der terrestrischen Kartierung ab. Dies und die anderen Vergleiche mit der ALK in der Kategorie bebaut versiegelte Fläche zeigen, wie genau diese ist (vgl. Abb. 5.26, 5.27). Für die bebaut versiegelten Flächen ist also die ALK-Erhebung eine relativ genaue Methode. Das zeigt auch schon der erste allgemeine Vergleich der gesamten bebaut versiegelten Fläche in Bezug zur Gesamtfläche, wo die ALK-Daten 14,2 % und die terrestrischen Daten 14,4 % als bebaut versiegelt ansehen (vgl. Tab. 5.5a).

Die Differenzen der Datensätze in den Stadtstrukturtypen **Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Handel / Dienstleistung** (L) und **Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Gemeinbedarf und Sondernutzung** (O) sind ähnlich denen der Wohnbebauung. Sie weichen jedoch insgesamt mit 2,5 bis 10 % bei bebaut versiegelten Flächen und mit 10 bis 20 % bei unbebaut versiegelten Flächen und der Gesamtversiegelung höher voneinander ab, als die Bewertungen der Wohnbebauung. Bei der Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Handel / Dienstleistung und der Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Gemeinbedarf und Sondernutzung weichen jeweils die Datensätze BWB-Daten und Satellitendaten mit >12 % hoch voneinander ab. In einem zusätzlichen Vergleich wird berechnet, dass die Satellitendaten die Versiegelung jeweils höher bewerten als die BWB-Daten (vgl. Abb. 5.30, 4.33). Dies kann damit zusammenhängen, dass die in dem Stadtstrukturtyp Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Handel / Dienstleistung (L) beinhalteten Flächentypen Kerngebiet (29) und Mischgebiet I (39) große nicht versiegelte Sandflächen beinhalten, die von den Satellitendaten wahrscheinlich als versiegelte Fläche aufgenommen wurden. Das gleiche kann für die völlig heterogenen Flächentypen des Stadtstrukturtyps Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Gemeinbedarf und Sondernutzung (O) gelten.

Bei den Stadtstrukturen **Geringe Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Gewerbe/Industrie** (M) und **Dichte Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Gewerbe/Industrie** (N) fällt besonders auf, dass zum ersten Mal die Differenzen der bebaut versiegelten Fläche >5 % bei der dichten Bebauung (N) sogar 10 % sind. Selbst der Vergleich BWB-Daten und ALK-Daten, der sonst, da die Datensätze aufeinander aufbauen, die geringsten Unterschiede hat, hat bei dem Stadtstrukturtyp N eine Differenz von 10,1 %. In ei-

nem zusätzlichen Vergleich wird berechnet, dass die BWB-Daten die Versiegelung bei M höher und bei N niedriger bewerten als die ALK-Daten. Aber auch der Vergleich Umweltatlasdaten und ALK-Daten weist eine sehr hohe Differenz von 33,9 % auf. Alle Erhebungsmethoden weichen weit voneinander ab. Als Erklärung hierfür ist die oben genannte Dynamik zu nennen, die in den Gewerbe- und Industriegebieten herrscht (vgl. NUTZ 40). Eine Empfehlung für eine zukünftige Erhebungsmethode für diese Stadtstruktur fällt dadurch schwer (vgl. Abb. 5.31, 5.32).

Bei dem Stadtstrukturtyp **Nicht oder gering bebaute Grün- und Freiflächen** (P) fällt wieder der Vergleich Umweltatlasdaten und BWB-Daten in der Kategorie unbebaut versiegelt auf. Die knappen 20 % Differenz weisen fast die doppelte Differenz des Gesamtvergleichs auf. Hier haben die BWB wieder viele Blockflächen mit 0 m² Versiegelung bewertet, was wieder auf eine Nichtbetrachtung hinweist. Dies erklärt auch die 20prozentige Differenz zwischen den BWB-Daten und den Satellitendaten (vgl. Abb. 5.34). Das Zusammenfassen zu Stadtstrukturtypen ist in diesem Fall also nicht förderlich, da bereits der nutzungsspezifische Vergleich gezeigt hat, für welche Nutzungen die Satellitendaten geeignet sind.

Besonders hoch sind die Differenzen auch bei dem letzten Stadtstrukturtyp **Nicht oder gering bebaute Verkehrsflächen ohne Straßenland** (Q). Trotz der Schwierigkeiten der Satellitenbildauswertung von Gleisschotterflächen weichen die Satellitendaten nur 8 % von den Umweltatlasdaten ab. Die fehlende Erhebung der unbebaut versiegelten Bahnflächen von Seiten der BWB führt zu einer 30prozentigen Differenz des Vergleichs BWB-Daten und Satellitendaten. Ebenso erklärt sich die Differenz von 45 % beim Vergleich Umweltatlasdaten und BWB-Daten in der Kategorie unbebaut versiegelt (vgl. Abb. 5.35).

Fast immer fehlen im Stadtstrukturtypenvergleich die terrestrischen Daten, die weitere Aussagen über Korrekturen der Versiegelungsbewertung einzelner Typen ermöglichen würden. Der Strukturtypenvergleich ist dennoch besonders bei den baulichen Nutzungen hilfreich. Er zeigt z.B., dass die einzelnen Erhebungsmethoden mit den Stadtstrukturtypen Offene, hohe Bebauung der Nachkriegszeit (F) sowie Offene, niedrige Bebauung mit Hausgärten (H) mehr Schwierigkeiten haben, als mit den anderen Wohnbebauungen. Bei den Grünnutzungen dagegen ist der Stadtstrukturtypenvergleich nicht hilfreich. Bei den Stadtstrukturtypen Geringe Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Gewerbe/Industrie (M), Dichte Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Gewerbe/Industrie (N) und Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Gemeinbedarf und Sondernutzung (O) empfiehlt sich eine noch differenziertere Betrachtung.

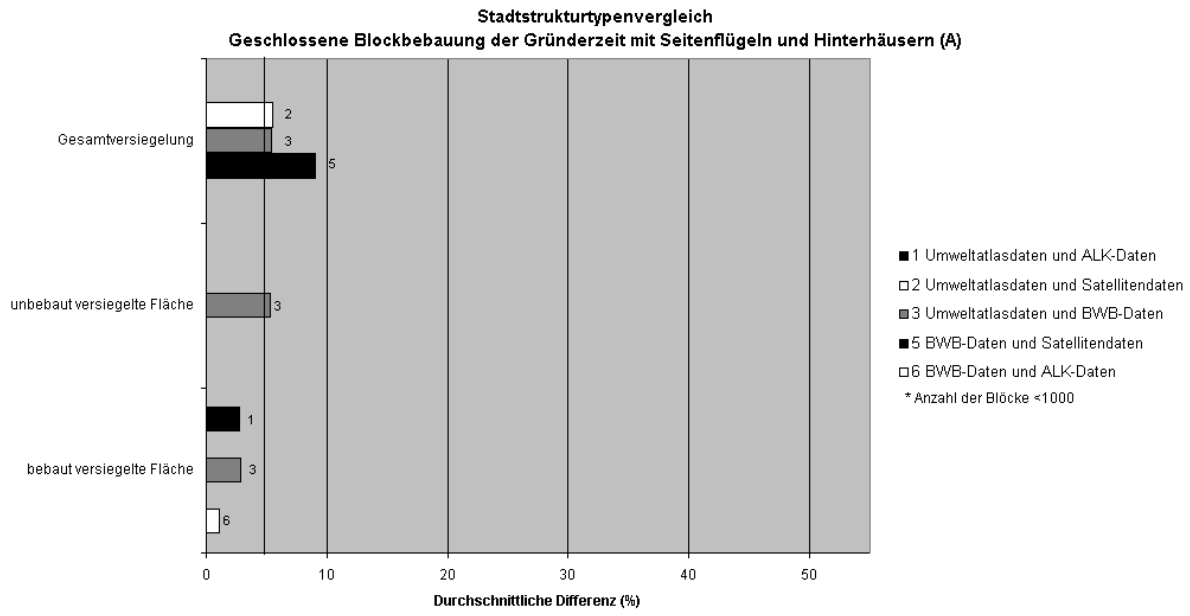


Abb. 5.21: Stadtstrukturtypenvergleich, Geschlossene Blockbebauung der Gründerzeit mit Seitenflügeln und Hinterhäusern (A)

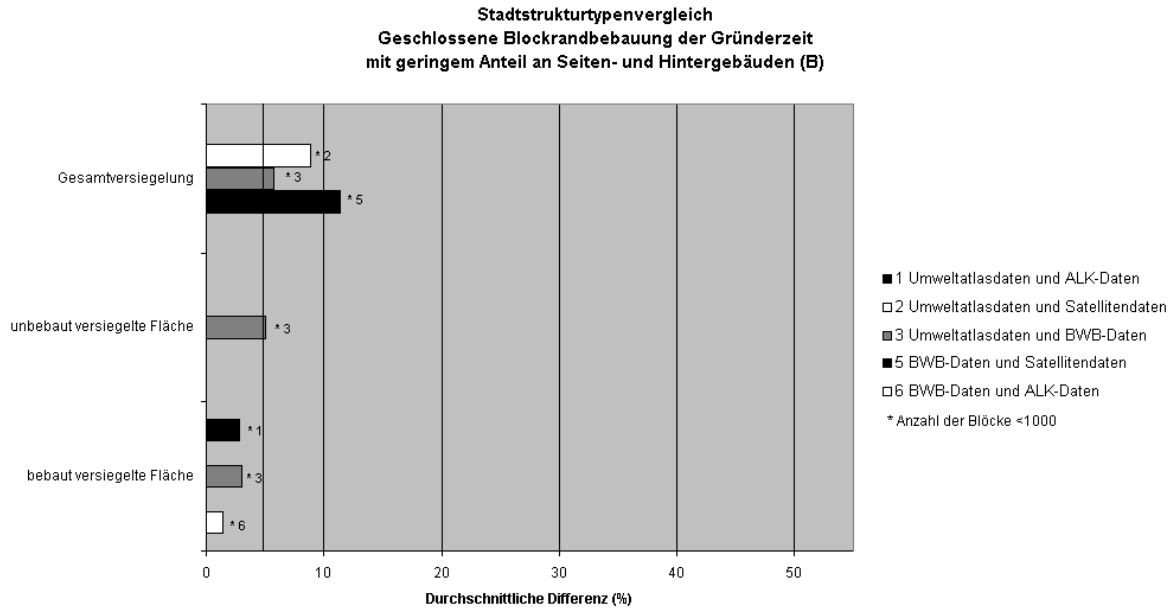


Abb. 5.22: Stadtstrukturtypenvergleich, Geschlossene Blockrandbebauung der Gründerzeit mit geringem Anteil an Seiten- und Hintergebäuden (B)

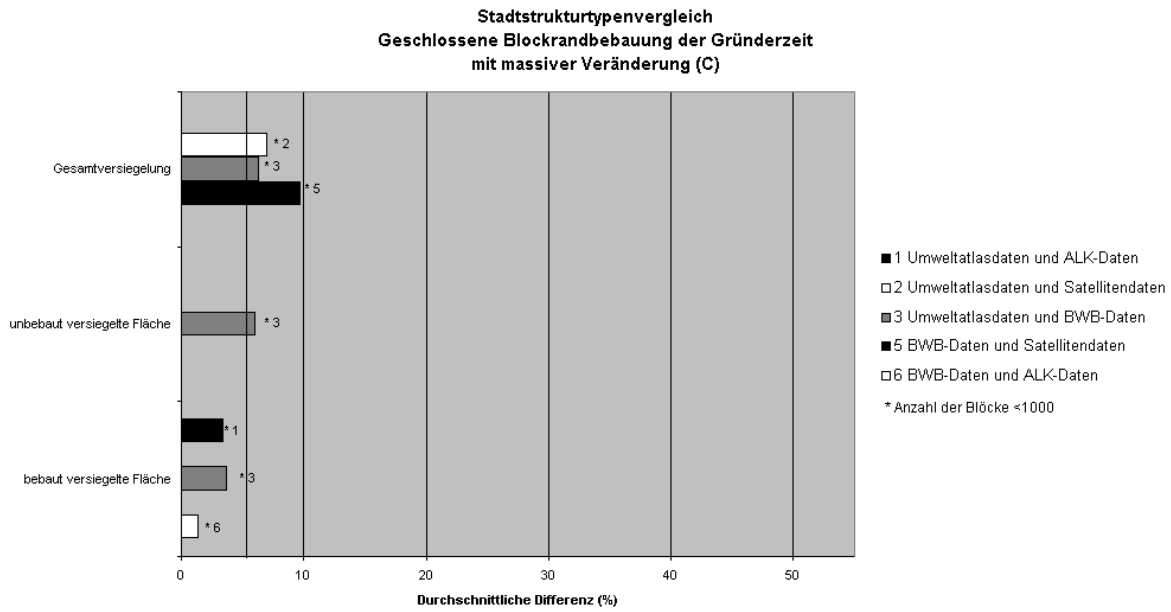


Abb. 5.23: Stadtstrukturtypenvergleich, Geschlossene Blockrandbebauung der Gründerzeit mit massiven Veränderungen (C)

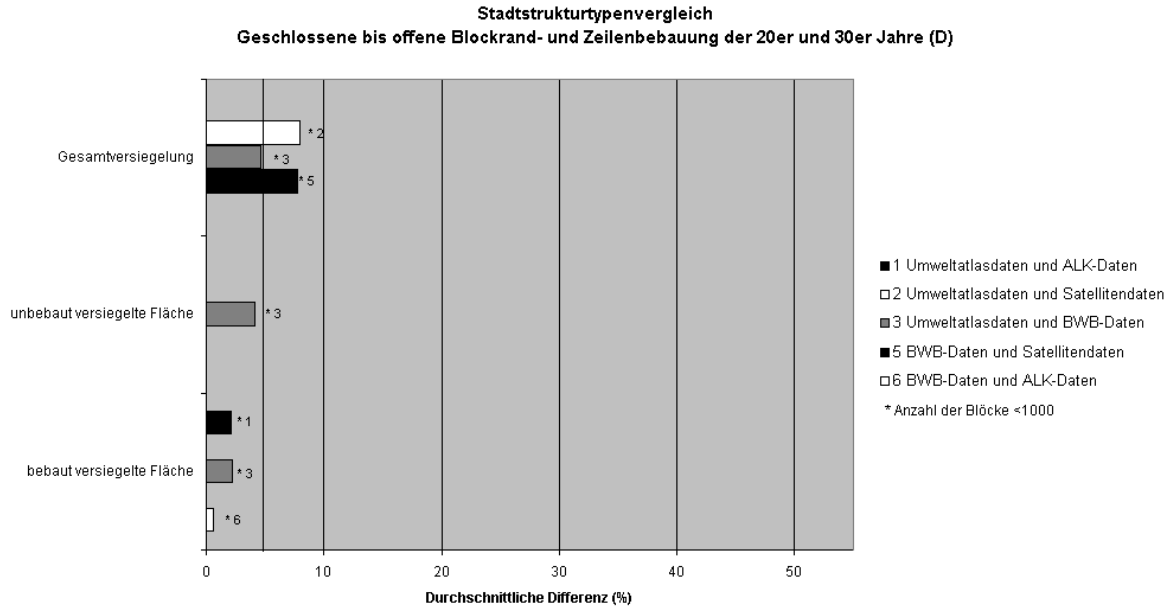


Abb. 5.24: Stadtstrukturtypenvergleich, Geschlossene bis offene Blockrand- und Zeilenbebauung der 20er und 30er Jahre (D)

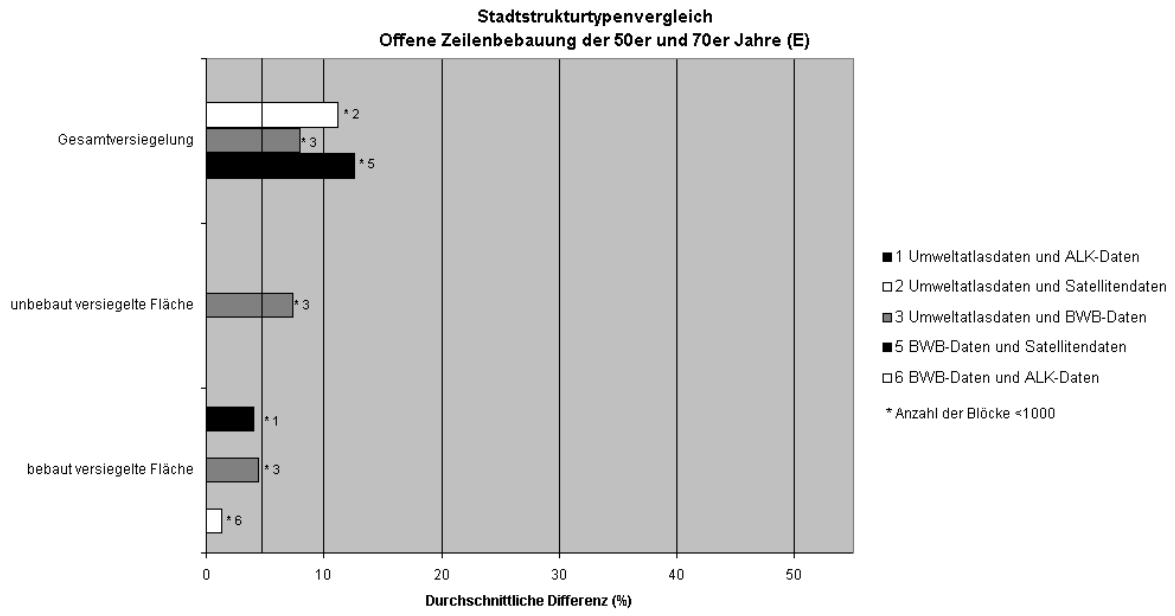


Abb. 5.25: Stadtstrukturtypenvergleich, Offene Zeilenbebauung der 50er bis 70er Jahre (E)

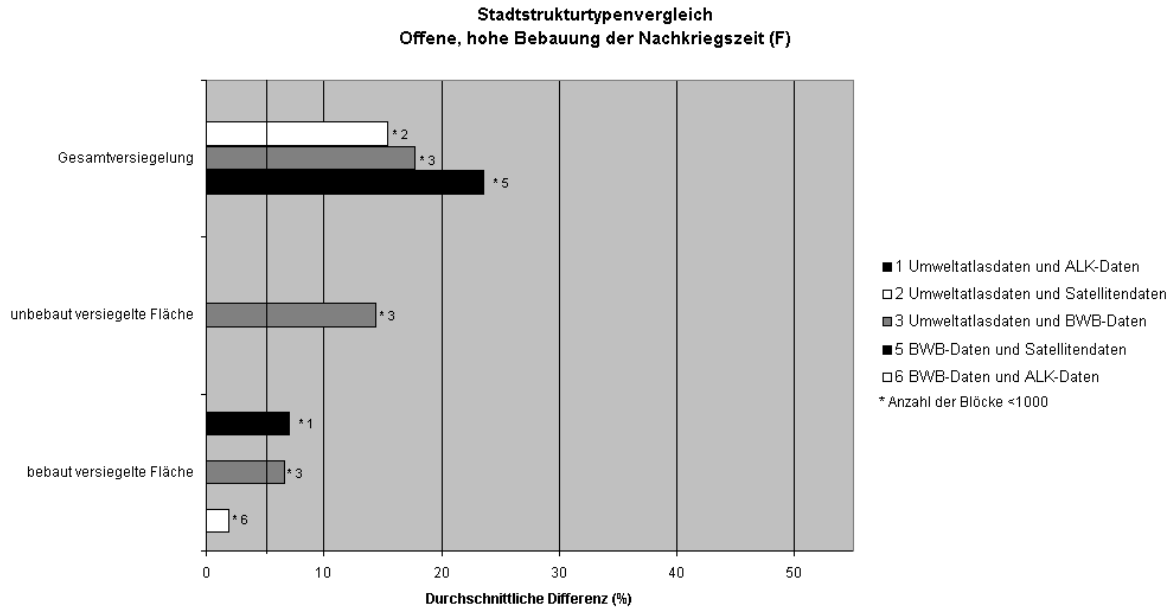


Abb. 5.26: Stadtstrukturtypenvergleich, Offene, hohe Bebauung der Nachkriegszeit (F)

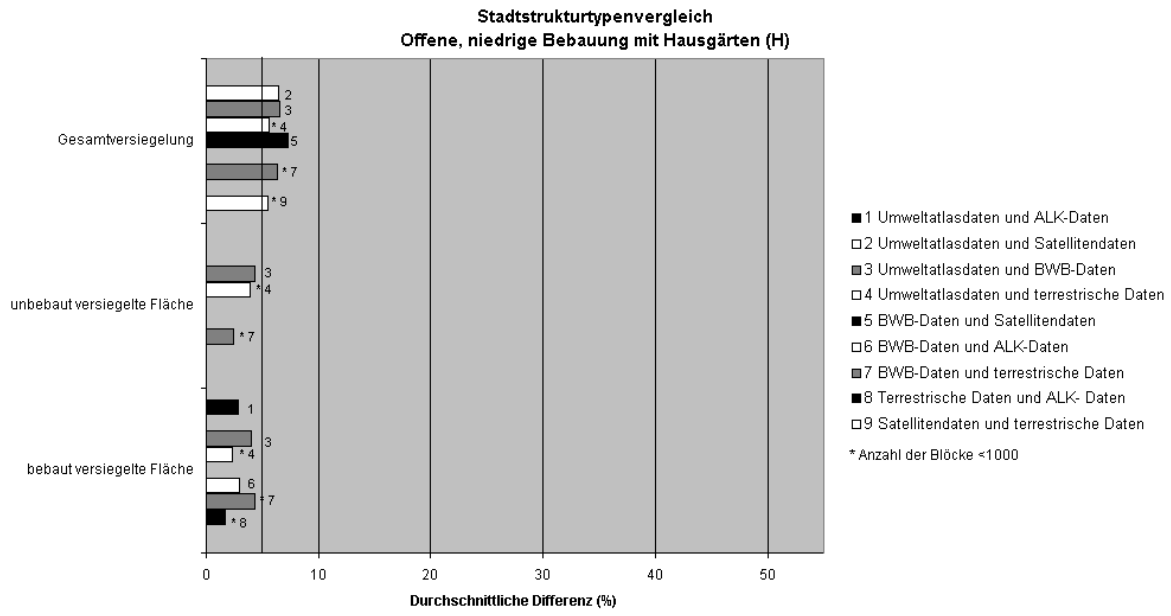


Abb. 5.27: Stadtstrukturtypenvergleich, Offene, niedrige Bebauung mit Hausgärten (H)

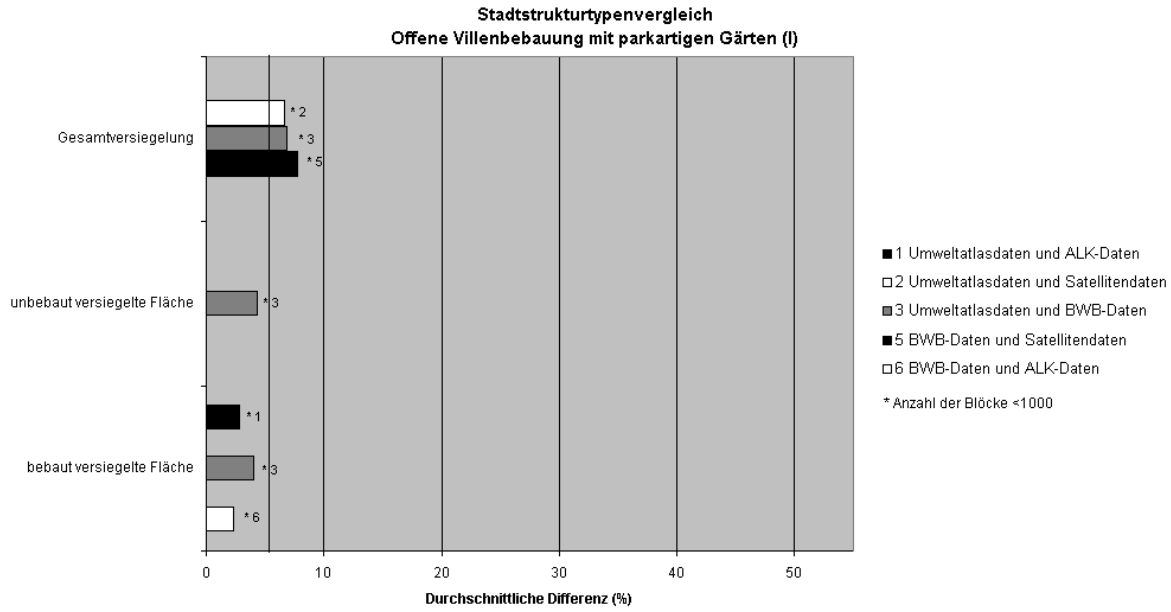


Abb. 5.28: Stadtstrukturtypenvergleich, Offene Villenbebauung mit parkartigen Gärten (I)

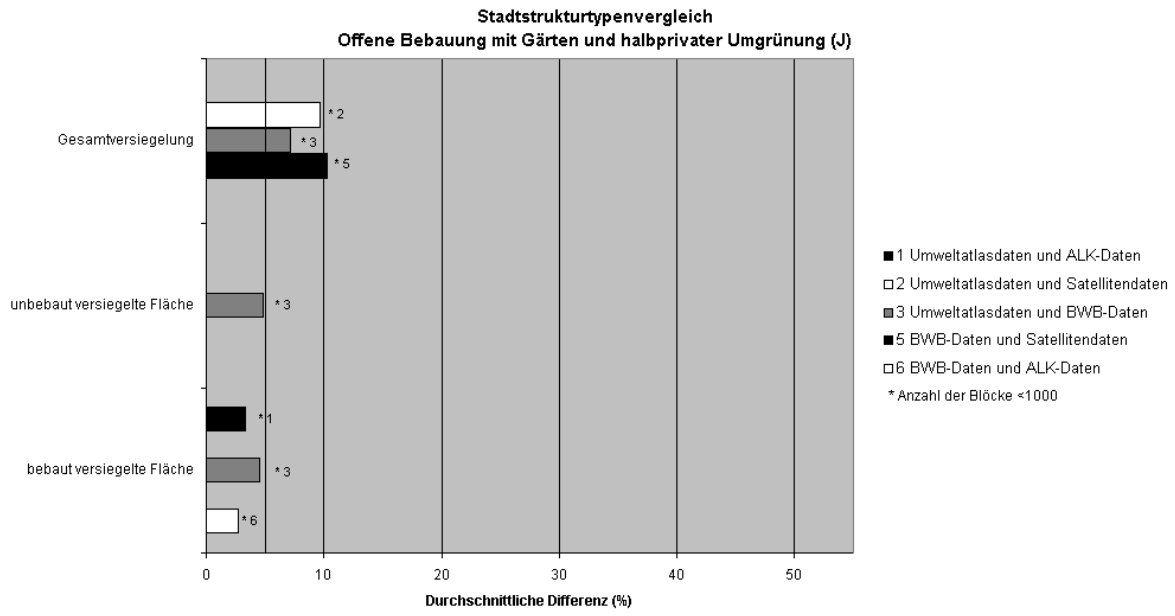


Abb. 5.29: Stadtstrukturtypenvergleich, Offene Bebauung mit Gärten und halbprivater Umgrünung (J)

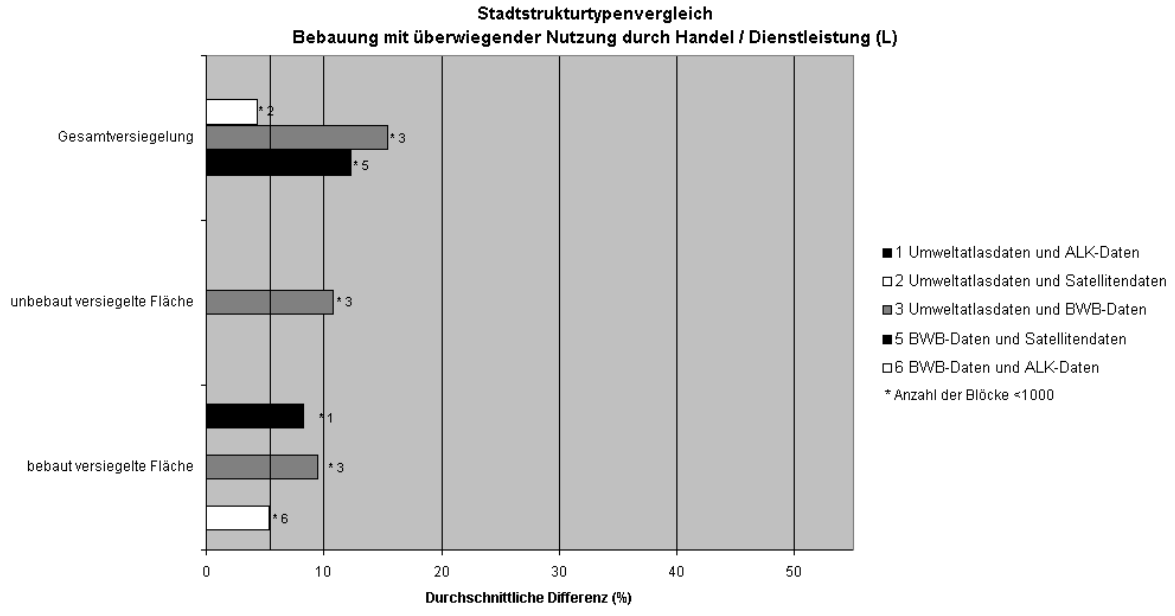


Abb. 5.30: Stadtstrukturtypenvergleich, Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Handel / Dienstleistung (L)

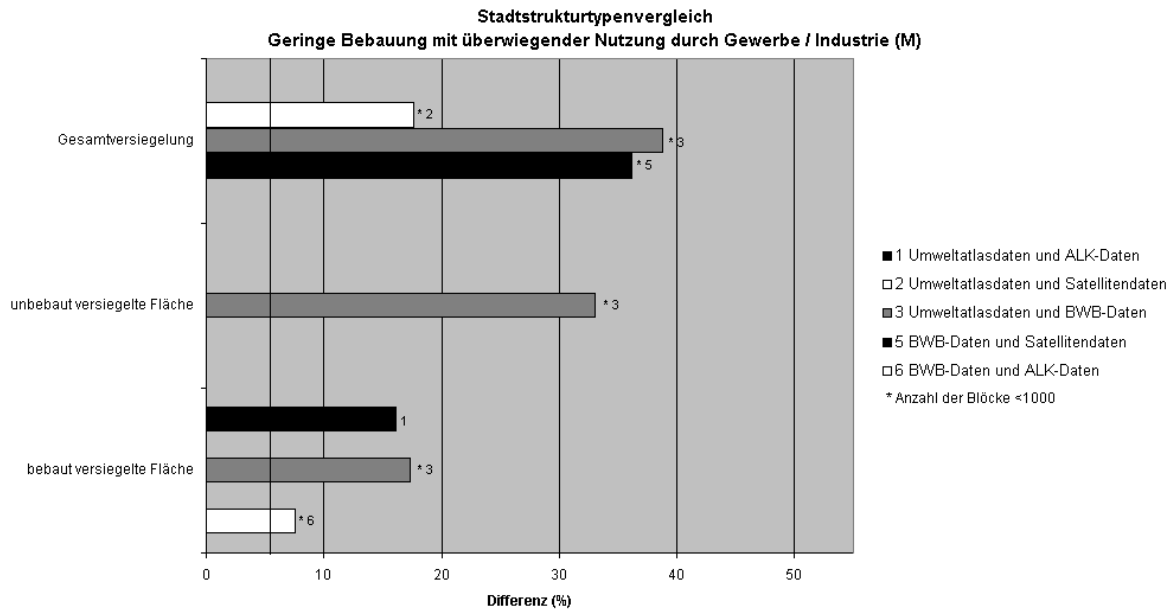


Abb. 5.31: Stadtstrukturtypenvergleich, Geringe Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Gewerbe / Industrie (M)

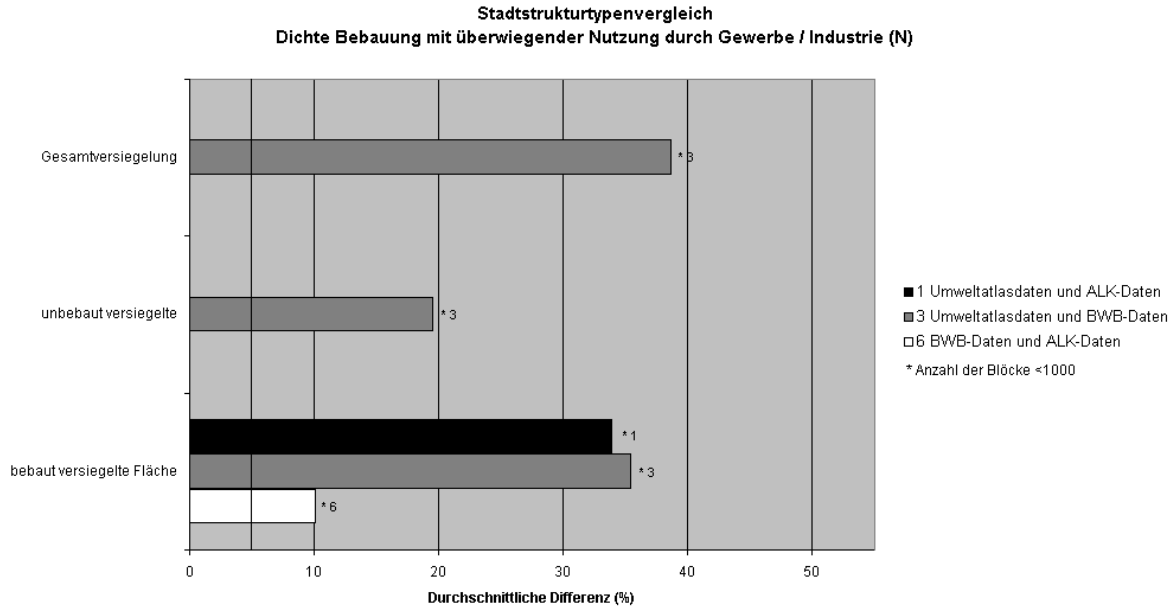


Abb. 5.32: Stadtstrukturtypenvergleich, Dichte Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Gewerbe / Industrie (N)

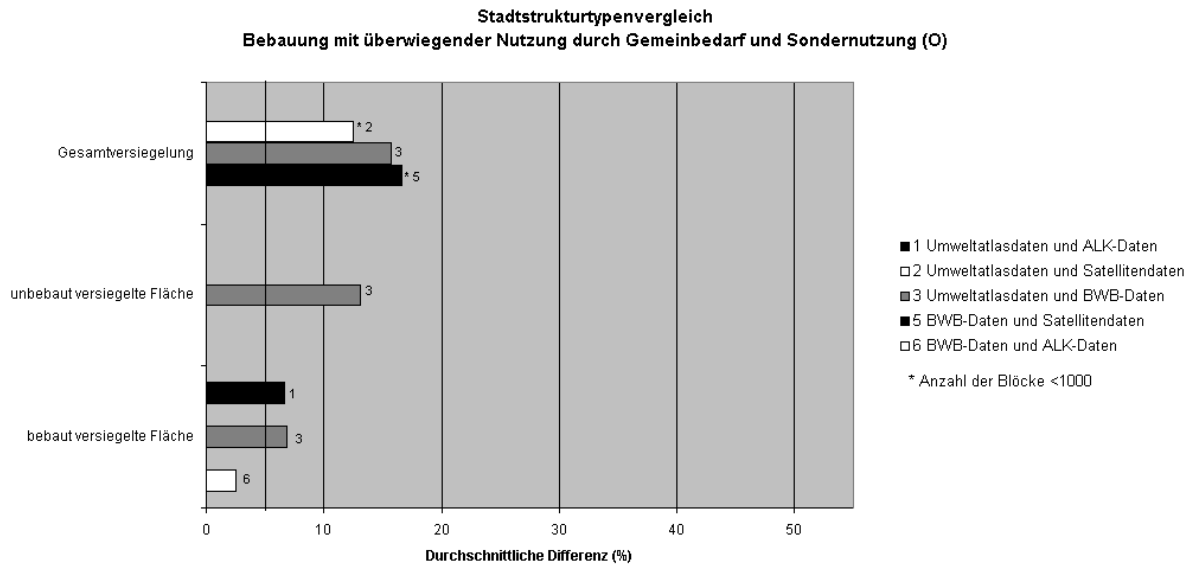


Abb. 5.33: Stadtstrukturtypenvergleich, Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Gemeinbedarf und Sondernutzung (O)

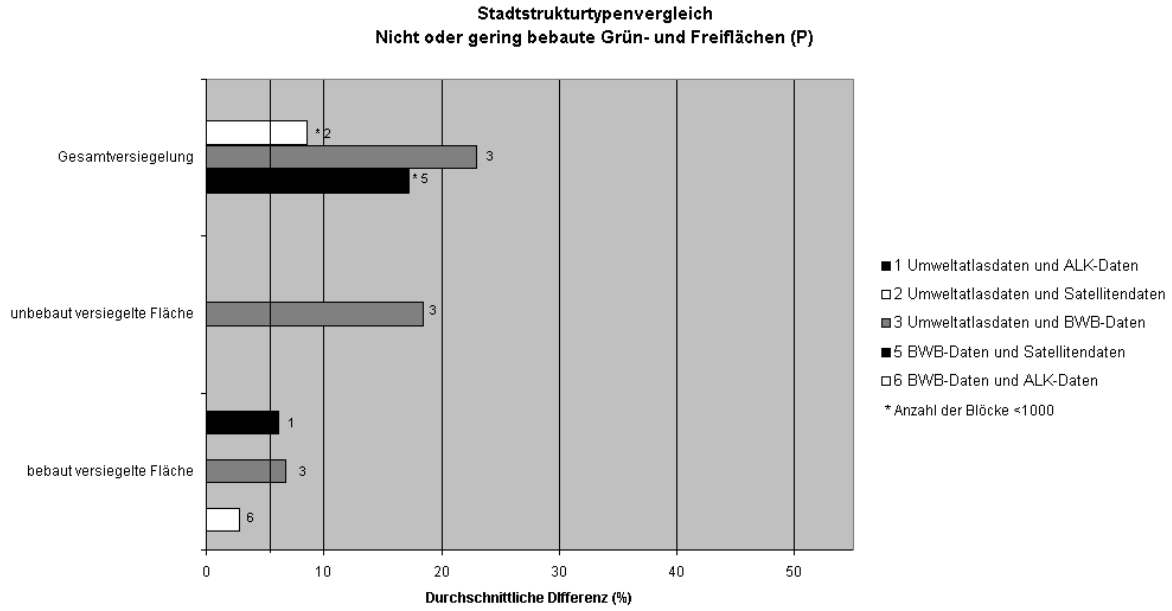


Abb. 5.34: Stadtstrukturtypenvergleich, Nicht oder gering bebaute Grün- und Freiflächen (P)

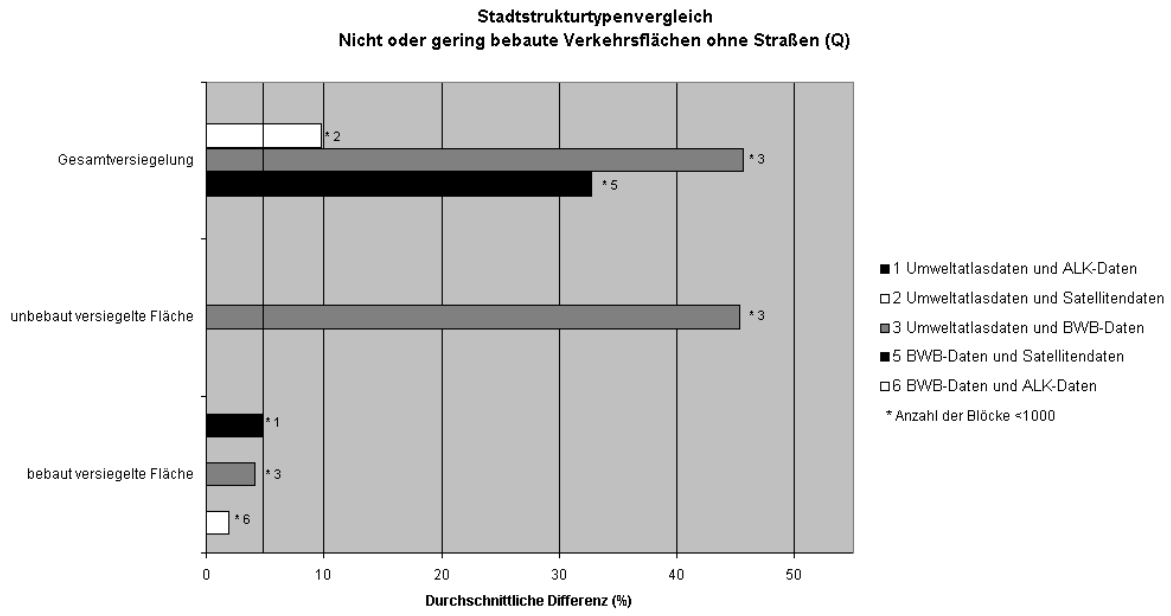


Abb. 5.35: Stadtstrukturtypenvergleich, Nicht oder gering bebaute Verkehrsflächen ohne Straßenland (Q)

5.9 Ausgewählte Einzelblockvergleiche

Die vorangegangen Vergleiche beruhen immer auf Mittelwerten von mehreren Blockflächen. Anhand von drei Beispielblöcken soll in diesem Kapitel gezeigt werden, wie die jeweiligen Erhebungsmethoden die Versiegelung bewerten. Hierzu wird ein Block mit dem Flächentyp mit überwiegender Wohnbebauung, bei dem sich die Datenbestände nur geringfügig unterscheiden, und zwei Blöcke, bei denen sich die Versiegelungsbewertungen stark unterscheiden, vorgestellt. Die folgende Abbildung zeigt die Lage der ausgewählten Einzelblockvergleiche.

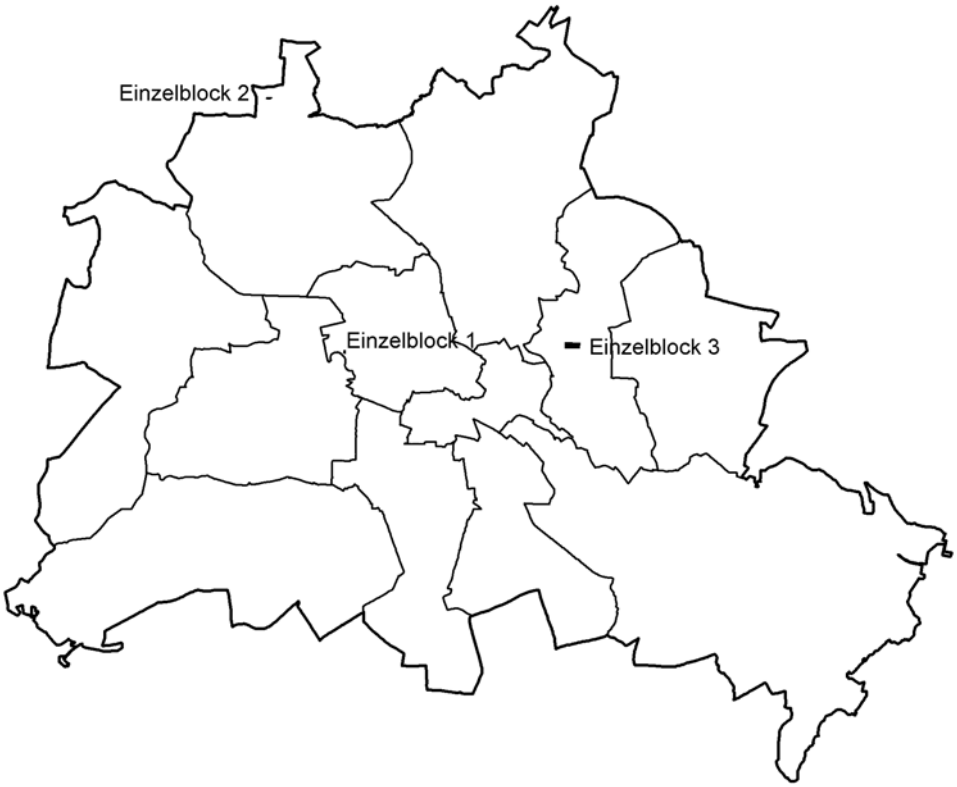


Abb. 5.36: Lage der Einzelblöcke zum Vergleich

5.9.1 Einzelblock 1, Hinterhof

Der Flächentyp Hinterhof (TYP 2) beinhaltet Blöcke mit überwiegend geschlossener, fünfgeschossiger Blockbebauung, die zwischen 1870 und 1918 vorrangig innerhalb des S-Bahnringes für die schnell wachsende Berliner Bevölkerung entstanden sind. Die Blöcke bestehen überwiegend aus Altbauten mit Seiten- und/oder Querflügeln. Daneben kommen Gewerbe- und Fabrikgebäude, Gemeinbedarfsbauten sowie erneuerte und neue Gebäude im Blockrand ohne Hintergebäude vor. Die Hinterhöfe sind oft mit alten Bäumen, gepflasterten Wegen und begrünten Schmuckbeeten ausgestattet (SENSTADT 2005B).

Der Einzelblock 1 liegt in Moabit, hat den Blockschlüssel 0200020811000000 und wird von der Beusselstraße, Zwinglistraße, Gotzkowskistraße und Alt Moabit eingefasst. Abbildung 5.37 zeigt das Luftbild dieses Blocks.

Abb. 5.37: Luftbild des Einzelblocks 1 (SENSTADT 2004)

Tabelle 5.20 zeigt, dass sich die verschieden Erhebungsmethoden in der Versiegelungsbewertung besonders in der Kategorie bebaut versiegelte Fläche kaum unterscheiden. Ein Unterschied ist jedoch bei der Bewertung der unbebauten Fläche eindeutig zu erkennen. Vergleicht man das Luftbild, beinhaltet die unbebaut versiegelte Fläche mehrere kleine und einen großen Hinterhof. Gerade bei diesen von Schatten und Baumkronen überdeckten Flächen lässt sich mit Methoden der Fernerkundung keine Aussage über die Versiegelung machen. Die BWB-Daten hingegen treffen hier die wahrscheinlich genauste Aussage über die unbebaut versiegelte Fläche.

Tab. 5.20: Versiegelungsbewertung des Einzelblocks 1

	Umweltatlas-daten	Satellitendaten	BWB-Daten	ALK-Daten
Gesamtblockfläche (m²)	20.197			
Gesamtversiegelung (m²)	17.975	17.690	14.276	-
Gesamtversiegelung (%)	89	88	71	-
Bebaut versiegelte Fläche (m²)	11.310	-	11.419	11.417
Bebaut versiegelte Fläche (%)	56	-	57	57
Unbebaut versiegelte Fläche (m²)	6.665	-	2.857	-
Unbebaut versiegelte Fläche (%)	33	-	14	-

5.9.2 Einzelblock 2, Ein- und Mehrfamilienhausgebiet mit Gartengrundstücken

Der Flächentyp Garten (TYP 23) beinhaltet Ein- und Mehrfamilienhäuser mit Gartengrundstücken. Er entstand in den 20er Jahren und wird bis heute gebaut. Breite Vorgärten und Gärten im Blockinnern dominieren diesen Typ. Seit 1950 werden die Blockinnenräume immer häufiger mit neuen Häusern aufgefüllt. Die alten Baumbestände werden dabei meist erhalten (SENSTADT 2005B).

Der Einzelblock 2 liegt in Fronau, hat den Blockschlüssel 2000921301000000 und wird von dem Laurinsteig, der Münchener Straße, der Stolzingstraße und der Hainbuchenstraße eingefasst. Abbildung 5.38 zeigt das Luftbild dieses Blocks.

Abb. 5.38: Luftbild des Einzelblocks 2 (SENSTADT 2004)

Tabelle 5.21 zeigt, dass sich die verschieden Erhebungsmethoden in der Versiegelungsbewertung dieser Wohngebietsstruktur, wie auch in vorangegangenen Vergleichen, sehr unterscheiden. Die ALK-Daten weisen die höchste bebaut versiegelte Fläche aus. Diese wird von der Gesamtversiegelungsbewertung der Satellitendaten um die Hälfte unterschritten, was wieder auf den methodischen Fehler zurückzuführen ist. Die Bäume verdecken die Gebäude, wodurch diese für Fernerkundungsmethoden nicht erkennbar sind. Auch im Vergleich zu den Umwelt- und BWB-Daten hat die Satellitenbildauswertung die versiegelte Fläche eindeutig unterschätzt (vgl. Kapitel 5.5).

Tab. 5.21: Versiegelungsbewertung des Einzelblocks 2

	Umweltatlas-daten	Satellitendaten	BWB-Daten	ALK-Daten
Gesamtblockfläche (m²)	33.089			
Gesamtversiegelung (m²)	6.618	2.315	6.198	-
Gesamtversiegelung (%)	20	7	19	-
Bebaut versiegelte Fläche (m²)	3.640	-	3.822	5.005
Bebaut versiegelte Fläche (%)	11	-	7	15
Unbebaut versiegelte Fläche (m²)	2.978	-	2.376	-
Unbebaut versiegelte Fläche (%)	9	-	12	-

5.9.3 Einzelvergleich 3, Gewerbegebiet

Der Flächentyp Gewerbegebiet mit dichter Bebauung (TYP 31) ist zu über 50% bebaut und sehr intensiv, fast ausschließlich gewerblich genutzt. Die Bebauung besteht aus mehrgeschossigen Industriegebäuden, die zum Teil auch als Gewerbehöfe mit Fabriketagen angelegt wurden. Die Freiflächen werden sehr intensiv genutzt und sind zum großen Teil betoniert oder asphaltiert (SENSTADT 2005B).

Der Einzelblock 3 liegt in Lichtenberg, hat den Blockschlüssel 1701510101000000 und wird von der Vulkanstraße, der Herzbergstraße und Am Wasserwerk begrenzt. Abbildung 5.39 zeigt das Luftbild dieses Blocks.

Abb. 5.39: Luftbild des Einzelblocks 3 (SENSTADT 2004)

Auf dem Luftbild ist ein Baukran zu sehen, der die Dynamik auf den Gewerbe- und Industrieflächen verdeutlicht (vgl. Kapitel 5.7). Tabelle 5.22 zeigt, dass die Umweltatlasdaten und die Satellitendaten die Gesamtversiegelung nahezu gleich bewerten. In der Kategorie bebaut versiegelte Fläche weichen die Umweltatlasdaten jedoch stark von den BWB- und ALK-Daten ab. Die hohe Versiegelungserhebung von Seiten der Satellitendaten weist darauf hin, dass auf den zum Zeitpunkt der Luftbildaufnahme (2004) asphaltierten Flächen vorher eventuell vegetationsbedeckte Brachflächen vorherrschten.

Tab. 5.22: Versiegelungsbewertung des Einzelblocks 3

	Umweltatlas-daten	Satellitendaten	BWB-Daten	ALK-Daten
Gesamtblockfläche (m²)	217.486			
Gesamtversiegelung (m²)	213.137	204.412	122.145	-
Gesamtversiegelung (%)	98	94	56	-
Bebaut versiegelte Fläche (m²)	169.639	-	71.005	77.458
Bebaut versiegelte Fläche (%)	78	-	33	37
Unbebaut versiegelte Fläche (m²)	43.497	-	51.140	-
Unbebaut versiegelte Fläche (%)	20	-	23	-

6 DISKUSSION DES DATENVERGLEICHS

Nach der Durchführung der einzelnen Vergleiche stellt sich nun die Frage, in wie weit die oben genannten Thesen zutreffen oder entkräftet werden. Diese Diskussion leitet in das nächste Kapitel über, welches die Eignung der fünf Methoden für die Erhebung der verschiedenen Versiegelungskategorien und Nutzungen bzw. Stadtstrukturtypen darstellt.

Schon der Gesamtvergleich zeigt, dass die Datenbestände in der Kategorie bebaut versiegelte Fläche am wenigsten voneinander abweichen. Dies wird bei den folgenden Vergleichen immer wieder bestätigt. Den höchsten Gesamtversiegelungsgrad weisen die Satellitendaten auf, gefolgt von den Umweltatlasdaten, den terrestrischen Daten und zum Schluss den BWB-Daten. In den Kategorien bebaut und unbebaut versiegelte Fläche weisen die Umweltatlasdaten jeweils die höchste Versiegelung auf.

Kapitel 5.3 bestätigt die erste These. Einige Datenbestände sind sich ähnlicher als andere. Auch hier treten die geringsten Differenzen zwischen den bebaut versiegelten Flächen und die höchsten bei der Gesamtversiegelungsbewertung im Vergleich mit den Satellitendaten auf. Die mittlere Differenz im Betrag zwischen den BWB-Daten und den ALK-Daten beträgt 2,73 %, was auf die Methode zurückzuführen ist. Die BWB-Daten wurden mit Hilfe der ALK-Daten erstellt.

Die Karten 6 bis 9 zeigen ausgewählte Differenzen der Versiegelungsbewertung im Verhältnis für jede einzelne Blockfläche. Sie stellen dar, welche Datenbestände in welchen Teilen Berlins methodische Fehler aufweisen. So ist festzustellen, dass die Satellitendaten vor allem in der Innenstadt höhere Versiegelungswerte annehmen als der Umweltatlas. Dies hängt eindeutig mit den oben erwähnten und auch von z.B. Netzband (1998) genannten Überschätzungen der Versiegelung durch die Verdeckungen durch Schatten, insbesondere in innerstädtischen Bereichen, ab (NETZBAND 1998, 122f). Um dieses Problem zu minimieren nennt Netzband den Aufnahmezeitpunkt mit dem höchsten Sonnenstand im Juni um 12 Uhr mittags. Dies lässt sich aber bei Satellitenbildaufnahmen nicht beeinflussen, weil die Aufnahmen der verwendeten Landsat-Szenen immer um ca. 10:30 Uhr (MEZ) aufgenommen werden. Außerdem stammen die Aufnahmen von Juli und September 1999, wodurch sie nicht mehr den höchsten Sonnenstand haben. Des Weiteren zeigen die Karten 7 und 9 eine in zwei Hälften geteilte Stadt. Die Bezirksgrenzen von Lichtenberg und Treptow-Köpenick teilen die Stadt in Ost und West. Diese klare Grenze weist auf einen methodischen Fehler der Umweltatlaserfassung hin. Die Luftbilder waren im Ostteil Berlins z.T. nur im Maßstab 1:10.000 vorhanden. Diese im Verhältnis geringere Auflösung lässt mit der gleichen Erhebungsmethode also höhere Versiegelungsbewertungen zu.

Ein weiterer Vergleich in Kapitel 5.5 zeigt, dass es tatsächlich Flächen gibt, bei denen in den ALK-Daten für die bebaut versiegelte Fläche ein höherer Wert erhoben wurde als in anderen Erhebungsmethoden für die Gesamtversiegelung. Vorauszusehen war, dass bei den auf Satellitenbildauswertungen basierenden Erhebungsmethoden hier besonders Wohngebiete auffallen, in denen die Gebäude von Bäumen überdeckt werden. Nicht zu erwarten war hingegen, dass besonders viele solcher Flächen beim Vergleich zwischen den BWB- und den

ALK-Daten auftraten. Dies lässt sich jedoch z.T. mit den von den BWB nur zu 50 % berechneten Gründächern erklären.

Kapitel 5.6 bestätigt die These, dass höhere Differenzen zweier Datenbestände bei sehr kleinen Blockflächen bestehen. Insgesamt lässt sich sagen, dass die Versiegelungsbewertung nur bei Flächen <5.000 m² und meistens auch zwischen 5.000 und 10.000m² flächengrößenabhängig ist. In einem ähnlichen Vergleich zwischen Satellitendaten und Flugzeugscannerdaten in Dresden wird das gleiche Ergebnis erzielt. Mittels einer Satellitenbildauswertung können aufgrund der Auflösung die Grünflächen auf z.B. einem Verkehrsinselblock nicht erkannt werden, weshalb die Versiegelung häufig überschätzt wird (NETZBAND 1998, 121).

Der nutzungsspezifische Vergleich in Kapitel 5.7 zeigt, dass bestimmte Versiegelungsbewertungen nutzungsabhängig sind. Für die Nutzung Wohngebiet (10) eignet sich besonders die Erhebung der ALK. Auch für die innerstädtischen Grünflächen sind zufriedenstellende Versiegelungsbewertungen mit den Satellitendaten erhoben worden. Große Probleme haben alle Erhebungsmethoden vor allem bei den Nutzungen Kleingärten (160-162) und Gewerbe- und Industriegebiet (40). Kleingärten sind aufgrund ihrer kleinteiligen Oberflächenstruktur und vielen Verdeckungen durch Bäume schwer mit einer Satellitenbildauswertung zu erheben. Die Gartenhäuser werden nicht in der ALK geführt. So ist diese Nutzung auch für zukünftige Erhebungen ein Problem. Die insgesamt uneinheitliche Versiegelungsbewertung der Gewerbe- und Industrieflächen lässt sich auf die große Dynamik dieser Flächen in kürzester Zeit zurückführen, die auch bei der Einzelblockbetrachtung diskutiert wird (vgl. Kapitel 5.9.3).

Die vor allem die Wohngebiete betreffende, differenziertere Betrachtung mittels der Stadtstrukturtypen zeigt, dass die einzelnen Erhebungsmethoden mit den Typen Offene, hohe Bebauung der Nachkriegszeit (F) sowie Offene, niedrige Bebauung mit Hausgärten (H) mehr Schwierigkeiten haben, als mit den anderen Wohnbebauungen. Auch sind die Stadtstrukturtypen Geringe Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Gewerbe/Industrie (M), Dichte Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Gewerbe/Industrie (N) und Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Gemeinbedarf und Sondernutzung (O) auffällig. Aufgrund der heterogenen Struktur des Stadtstrukturtyps O, empfiehlt sich hier eine differenziertere Betrachtung auf Ebene der Flächentypen, die allerdings aus zeitlichen Gründen nicht in der hier vorliegenden Untersuchung durchgeführt wurde.

Der Vergleich mit den terrestrischen Daten zeigt jeweils einen Ausschnitt Berlins, der nur eine geringe Auswahl an Stadtstrukturtypen beinhaltet. Dennoch lassen sich Rückschlüsse auf die Genauigkeit der anderen Erhebungsmethoden ziehen. Am besten stimmen die terrestrischen Daten mit den ALK-Daten überein, wodurch diese für die bebaut versiegelte Fläche in zukünftige Erhebungen sehr gut geeignet sind. Eine Ausnahme hiervon sind die Kleingartengebiete, die in der ALK nicht, bzw. nur zum Teil geführt werden. Zu der unbebaut versiegelte Fläche und damit der Gesamtversiegelung lässt sich keine so klare Aussage treffen. Für größere Grünflächen ist auf jeden Fall die Satellitenbildauswertung geeignet. Für kleinteilige, unbebaut versiegelte Flächen, wie z.B. Hinterhöfe, lässt sich keine schnelle und kostengünstige Methode empfehlen. Hier bleibt weiterhin die terrestrische Kartierung oder eine Kopplung von Luftbildauswertungen und Befragungen, wie von Seiten der BWB unter-

nommen, die genauste Methode. Die im anschließenden Kapitel dargestellte Tabelle gibt für jede Versiegelungskategorie, Nutzung und jeden Stadtstrukturtypen eine Eignung für zukünftige Erhebungen an, aus der eine Methode entwickelt werden kann, die aus mehreren Informationsquellen eine neue hybride Erfassung der Versiegelung ermöglicht.

7 EIGNUNG DER METHODEN ZUR ERHEBUNG DER VERSIEGELUNG

Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht der Eignung der verschiedenen Methoden zur Erhebung der Versiegelung. Dabei wird jeweils eine Eignung für die drei Versiegelungskategorien Gesamtversiegelung, bebaut versiegelte Fläche und unbebaut versiegelte Fläche, für die verschienenden Nutzungen sowie für die Stadtstrukturtypen angegeben (vgl. Tab. 7.1). Die Kürzel UA, SAT, BWB, ALK und TER stehen jeweils für die Erhebungsmethoden des Digitalen Umweltatlas Berlin, der Satellitenbildauswertung, der BWB, der ALK und der terrestrischen Kartierung. Folgende Symbole stehen für die jeweiligen Eignungskategorien:

- ++: gute Eignung,
- +: Eignung,
- o: Eignung eingeschränkt und
- -: ungeeignet.

Die Eignungen in Klammern zeigen angenommene Eignungen, diese wurden nicht direkt in der Diplomarbeit untersucht.

Die Unterscheidung zwischen den drei Versiegelungskategorien zeigt hier noch einmal, wie gut eine Verzahnung der verschiedenen Methoden für eine zukünftige Neuerhebung möglich ist. Im weiteren Verlauf der Tabelle wird die Eignung der Satellitendaten nur auf die Gesamtversiegelung und die Eignung der ALK-Daten nur auf die bebaut versiegelte Fläche bezogen. Die anderen drei Datensätze werden im Bezug auf ihre Eignung zur Erhebung der Gesamtversiegelung bewertet.

Die angenommenen Bewertungen orientieren sich an den Gebäude- und Grünstrukturen der Nutzungen. So können kleinteilige Strukturen durch terrestrische Kartierungen genauer aufgenommen werden, als durch eine Satellitenbildauswertung. Großflächige Nutzungen mit homogenen Strukturen, wie z.B. Grünland, können dagegen besser durch die Satellitenbildauswertung bewertet werden. Das Problem der Aktualität bei einer terrestrischen Kartierung geht nicht in die Wertung zur Eignung ein.

Die Tabelle zeigt die Wiederholbarkeit bzw. Verfügbarkeit der Methoden für ganz Berlin. Zukünftig sind nur die Satellitenbildauswertung wiederholbar und die ALK-Daten aktuell verfügbar. Mit den zeit- und kostenintensiven BWB-Daten und terrestrischen Daten kann aber besonders in kleinteiligen bebauten Bereichen die Gesamtversiegelung gut erhoben werden, ebenso die über viele Jahre gewachsenen Umweltatlasdaten. Die ALK-Daten sind mit Ausnahme der Kleingarten- und Wochenendhausgebiete für die Erhebung der bebaut versiegelten Fläche gut geeignet. Diese werden zum Großteil von den Satellitendaten ergänzt. Insgesamt schlecht zu erheben sind die Gewerbe- und Industriegebiete, die Kleingärten, die Brachflächen sowie die Wochenendhausgebiete.

Tab. 7.1: Eignungstabelle der Methoden zur Erhebung der Versiegelung

Erhebungsmethoden	**UA**	**SAT**	**BWB**	**ALK**	**TER**
Wiederholbarkeit/Verfügbarkeit für ganz Berlin	-	+	-	++	-
Gesamtversiegelung	+	+	++	-	++
bebaut versiegelte Fläche	+	(o)	+	++	++
unbebaut versiegelte Fläche	+	(+)	++	-	++
Nutzung					
Wohngebiet (10)	++	o	+	++	++
Mischgebiet (21-23)	+	o	+	++	(++)
Kerngebiet (30)	+	+	+	++	(++)
Gewerbe- und Industriegebiet (40)	o	o	-	++	(+)
Gemeinbedarfs- und Sondernutzungen (50)	+	o	+	++	(+)
Ver- und Entsorgungseinrichtungen (60)	(+)	(o)	(+)	(++)	(+)
Wochenendhausgebiet (70)	(+)	(o)	(+)	(o)	(++)
Verkehrsfläche (80)	+	o	-	o	(+)
Wald (100-102)	(++)	(++)	(-)	(-)	(+)
Grünland (Wiesen und Weiden) (121)	(++)	(++)	(-)	(-)	(+)
Ackerland (122)	(++)	(o)	(-)	(-)	(+)
Park, Grünfläche (130)	+	++	++	o	(+)
Stadtplatz/Promenade (140)	(+)	(+)	(+)	(+)	(++)
Friedhof (150)	+	(o)	o	+	(++)
Kleingarten (160-162)	+	o	o	-	(++)
Brachfläche (171-174)	+	o	o	-	(+)
Campingplatz (180)	(+)	(+)	(o)	(o)	(++)
Sportplatz/Freibad (190)	+	(o)	o	+	(+)
Baumschule/Gartenbau (200)	(+)	(+)	(o)	(o)	(+)
Stadtstrukturtypen					
Geschlossene Blockbebauung der Gründerzeit mit Seitenflügeln und Hinterhäusern (A)	+	-	++	++	(++)
Geschlossene Blockrandbebauung der Gründerzeit mit geringem Anteil an Seiten- und Hintergebäuden (B)	+	o	++	++	(++)
Geschlossene Blockrandbebauung der Gründerzeit mit massiven Veränderungen (C)	+	o	++	++	(++)
Geschlossene bis offene Blockrand- und Zeilenbebauung der 20er und 30er Jahre (D)	+	+	++	++	(++)
Offene Zeilenbebauung der 50er bis 70er Jahre (E)	+	+	++	++	(++)
Offene, hohe Bebauung der Nachkriegszeit (F)	+	+	++	++	(++)
Offene, niedrige Bebauung mit Hausgärten (H)	+	+	++	++	(++)
Offene Villenbebauung mit parkartigen Gärten (I)	+	+	++	++	(++)
Offene Bebauung mit Gärten und halbprivater Umgrünung (J)	+	+	++	++	(++)
Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Handel / Dienstleistung (L)	o	-	o	+	(+)
Geringe Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Gewerbe / Industrie (M)	o	o	o	o	(+)
Dichte Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Gewerbe / Industrie (N)	o	o	o	o	(+)
Bebauung mit überwiegender Nutzung durch Gemeinbedarf und Sondernutzung (O)	o	o	+	+	(++)
Nicht oder gering bebaute Grün- und Freiflächen (P)	+	+	-	o	(+)
Nicht oder gering bebaute Verkehrsflächen ohne Straßenland (Q)	+	o	-	o	(+)

8 DISKUSSION UND AUSBLICK

Die vorangegangenen Vergleiche und Diskussionen zeigen, dass eine einzelne Erhebungsmethode der Versiegelung jeweils Stärken und Schwächen aufweist. Zukünftige Ansprüche bedingen die Auswahl einer Methode. Die in dieser Untersuchung vorgestellten Erhebungsmethoden können durch die dargestellten Ergebnisse modifiziert oder in einer neuen Kombination in einem hybriden Verfahren auf neue Fragestellungen abgestimmt werden.

Für die Ansprüche der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung in Berlin weist die Eignungstabelle in Kapitel 7 darauf hin, dass eine Kombination mit Satellitendaten für die unbebaut versiegelte Fläche und den Daten der ALK für die bebaut versiegelte Fläche in Zukunft sinnvoll ist, da diese Daten aktuell verfügbar, im Vergleich weniger zeit- und kostenintensiv und voraussichtlich auch in fünf bis zehn Jahren erneuerbar sind. Zur Verifizierung können Luftbilder, die Umweltatlas-, die BWB- und z.T. die terrestrischen Daten dienen. Auch die auf Teilblockebene vorliegende Nutzungsdatei kann hilfreich sein. So können z.B. Fehlerquellen der Satellitenbildauswertung, wie z.B. die Kleingartenflächen, herausgefiltert und von vornherein mit anderen Methoden bewertet oder die fehlerhaften Ergebnisse mit einem nutzungsabhängigen Faktor verbessert werden. Über die Eignungstabelle lassen sich auch die für bestimmte Nutzungen geeigneten anderen Erhebungsmethoden ablesen.

Für eine erneute blockbezogene Versiegelungsbewertung auf der ISU 5-Geometrie müsste diese auf einen aktuellen Stand gebracht werden, da sie einige Digitalisierungsfehler bei der Straßenführung aufweist. Auch müsste der Bestand der Nutzungsdatei aktualisiert werden.

Die in anderen Städten genutzte Methode, jedem Stadtstruktur- bzw. Nutzungstyp einen durchschnittlichen Versiegelungswert zuzuteilen, reicht nicht für alle Fragestellungen aus. Auch ist die bei der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung geführte Teilblockstruktur der ISU 5 nur für manche Fragestellungen von Bedeutung. Während sie für z.B. klimatische Bewertungen ausreicht, ist die Kenntnis von möglichst grundstücksgenauen Versiegelungsgraden entscheidend, um Entsiegelungsmaßnahmen vorzuschlagen und einzuleiten oder um Abwassergebühren zu berechnen.

Den Anspruch der grundstücksscharfen Erhebung können geringer auflösende Satellitenbilder (Landsat, Spot, IRS) nicht leisten. Für blockscharfe Versiegelungsbewertungen reichen sie jedoch aus. Für die Zukunft bleibt abzuwarten, inwieweit hochauflösende Satellitenbilder (QuickBird, IKONOS) den Anspruch der grundstücksgenauen Erfassung auch auf großen Flächen erfüllen können.

Für die Erhebung der Versiegelung empfiehlt es sich auch mit zwei Satellitenbildaufnahmen zu arbeiten. Um Baumscheiben oder die Versiegelung unter Bäumen zu erfassen, wird eine Szene außerhalb der Vegetationszeit benötigt. Für die Kartierung von Laubwäldern oder städtischen Grünanlagen sind dagegen Szenen innerhalb der Vegetationszeit notwendig. Neben der Kostenfrage ist für zwei Satellitenszenen auch die Verfügbarkeit und Qualität beider Aufnahmen innerhalb eines Jahres von Bedeutung.

Für eine grundstücksgenaue Versiegelungskartierung wäre auch eine Kombination mit einer Befragung, wie von Seiten der BWB, denkbar. Hierbei müsste jedoch der Interessenkonflikt

ausgeschaltet werden und die Selbstauskunft durch mehrere Kontrollen überprüft werden (vgl. Kapitel 4). Dies würde jedoch einen Mehraufwand an Zeit und Kosten bedeuten.

Die Antwort auf die Frage des Titels dieser Untersuchung „Wie hoch sind die Versiegelungsgrade in Berlin wirklich?“ bedingt die genaue Kenntnis der Versiegelung der Gesamtfläche Berlins inklusive des Straßenlandes. In den früheren Untersuchungen wurden diese nicht betrachtet, bzw. wurde ihnen ein pauschaler Versiegelungswert von 93 % zugewiesen (vgl. Kapitel 4). Für zukünftige Versiegelungserhebungen, die für das Monitoring von Entsiegelungen, die Fortführung von Flächennutzungs- und Bauleitplänen aber auch für die Abwasserwirtschaft unverzichtbar sind, empfiehlt es sich daher, auch das Straßenland zu erfassen.

Die in dieser Untersuchung angegebenen Empfehlungen lassen sich auch auf andere Großstädte übertragen. Satellitenbilder sind für Gesamtdeutschland verfügbar und die ALK wird überall geführt. Oft gibt es auch Stadtstrukturtyperfassungen, die, wie oben erwähnt, ergänzend genutzt werden können. In Kleinstädten und deren Umland müssen eigene Methoden verwendet bzw. entwickelt werden. Es können jedoch Kenntnisse aus den oben genannten Methoden übertragen werden. Es werden andere Problemflächen, z.B. bei der Satellitenbildauswertung, auftreten. Nicht mehr die innerstädtischen, dicht bebauten Flächen mit Hinterhöfen sowie Kleingärten sind problematisch, sondern vielmehr die unterschiedliche bewirtschafteten Landwirtschaftsflächen. Hier empfiehlt sich eine möglichst frühe Aufnahme im Juni, wenn die Ackerflächen bewachsen sind.

Durch die möglichst genaue Kenntnis der Versiegelung lassen sich künftig weitere Bodenversiegelungen vermeiden und vorhandene Entsiegelungspotenziale aufzeigen. Nur so kann das Ziel der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung erreicht werden bis 2020, den Flächenverbrauch auf 30 ha pro Tag zu reduzieren.

QUELLENVERZEICHNIS

Literatur

ALBERTZ, J. 2001:
Einführung in die Fernerkundung. Grundlagen der Interpretation von Luft- und Satellitenbildern. 2. Auflage. Wissenschaftliche Buchgesellschaft. Darmstadt.

ARBEITSGEMEINSCHAFT UMWELTPLANUNG (AGU) 1988:
Fortschreibung und Übernahme der Versiegelungskarte des Umweltatlas in das räumliche Bezugssystem des ökologischen Planungsinstruments Berlin (öPB). Im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin. Unveröffentlicht.

ARBEITSGEMEINSCHAFT UMWELTPLANUNG (AGU) 1991:
Fortschreibung der ökologischen Planungsgrundlagen Berlin: Erstellung der Umweltatlaskarten 01.02 Bodenversiegelung (einschließlich Bebauungsgrad), 06.01 Reale Nutzung der bebauten Fläche, 06.02 Grün- und Freiflächenbestand, für das Stadtgebiet der östlichen Bezirke und Integration in das Umweltinformationssystem (UIS). Diplomingenieure Lange und Grigoleit. Im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin. Unveröffentlicht.

ARBEITSFÖRDERUNGSGESELLSCHAFT IM INDUSTRIESTANDORT BERLIN-MARZAHN MBH (AIBM) 2001, A:
Versiegelungsdaten von Marzahn. Für die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung bereitgestellte Datensätze der statistischen Gebiete 181 bis 188 inklusive einer kurzen textlichen Erläuterung. Anschreiben vom 24.08.2001 und 14.11.2001. Berlin.

ARBEITSFÖRDERUNGSGESELLSCHAFT IM INDUSTRIESTANDORT BERLIN-MARZAHN MBH (AIBM) 2001, B:
Einsicht in sämtliche unveröffentlichte Dokumentationen der AIBM. Einsicht am 07.04.2005. Berlin.

ARLT, G. & GÖSSEL, J. & HEBER, B.; HENNERSDORF, J. & LEHMANN, I. & XUAN THINH, N. 2001:
Auswirkungen städtischer Nutzungsstrukturen auf Bodenversiegelung und Bodenpreis. IÖR-Schriften. Band 34. Institut für ökologische Raumentwicklung e.V.. Dresden.

BARATTA, M. (HRSG.) 2003:
Der Fischer Weltalmanach 2004. Zahlen Daten Fakten. Fischer Taschenbuch Verlag. Frankfurt am Main.

BERLEKAMP, L.-R. & PRANZAS, N. 1990:
Probleme der Bodenversiegelung in Ballungsräumen. Naturschutz und Landschaftspflege in Hamburg 34/1990. Hamburg.

BERLINER WASSERBETRIEBE (BWB) 1998:
Getrenntes Entgelt für Schmutz- und Niederschlagswasser ab dem Jahr 2000. Anschreiben an die Eigentümer im September 1998. Berlin.

BEYER & HACKEL & PIEPER &TIEDGE 1980:
Wahrscheinlichkeitsrechnung und mathematische Statistik. Mathematik für Ingenieure, Naturwissenschaftler, Ökonomen, Landwirte. Band 17. BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft. Leipzig.

BUNZEL, A. 1992:
Begrenzung der Bodenversiegelung. Planungsziele und Instrumente. Deutsches Institut für Urbanistik. Berlin.

DAMM, A. & HOSTERT, P. & SCHIEFER, S. 2005:
Investigating Urban Railway Corridors with Geometric High Resolution Satellite Data. Vortrag bei den ISPRS Joint Conferences. 3rd International Symposium Remote Sensing and Data Fusion Over Urban Areas (URBAN 2005). 5th International Symposium Remote Sensing of Urban Areas (URS 2005). 14. bis 16. März 2005. Tempe. USA.

FISCHER-STABEL, P. & SCHÄFER, K. & WANNEMACHER, S. 2004:
Satellitenbasierte Erfassung von Versiegelungsflächen. Abschlussbericht. Institut für Softwaresysteme in Wirtschaft, Umwelt und Verwaltung. Fachhochschule Trier. Umwelt-Campus Birkenfeld. Birkenfeld. Unveröffentlicht.

GISEKE, U. & HOLTMANN, K. & HUCKE, J. & LYNAR, W. & MÜLLER, H. 1988:
Städtebauliche Lösungsansätze zur Verminderung der Bodenversiegelung als Beitrag zum Bodenschutz. Im Auftrag des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Hrsg.). Schriftenreihe Forschung des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau. Heft Nr. 456. Bonn.

HAAREN V., C. 2004:
Landschaftsplanung. Ulmer. Stuttgart.

HAKE, G. & GRÜNREICH, D. 1994:
Kartographie. 7. Auflage. de Gruyter. Berlin.

HEBER, B. & LEHMANN, I. 1993:
Stadtstrukturelle Orientierungswerte für die Bodenversiegelung in Wohngebieten. IÖR-Schriften. Heft 5. Institut für ökologische Raumentwicklung e.V.. Dresden.

HEBER, B. & LEHMANN, I. 1996:
Beschreibung und Bewertung der Bodenversiegelung in Städten. IÖR-Schriften. Heft 15. Institut für ökologische Raumentwicklung e.V.. Dresden.

HEIDEN, U. 2004:
Analyse hyperspektraler Flugzeugscannerdaten zur ökologischen Charakterisierung städtischer Biotope. Dissertation an der Fakultät VII – Architektur, Umwelt, Gesellschaft, Technische Universität Berlin. Unveröffentlicht.

INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE RAUMENTWICKLUNG E.V. DRESDEN (IÖR) 2001:
Bodenversiegelung, Bodenpreis und nutzungsstrukturelle Kenngrößen in den kreisfreien Städten Deutschlands. Anlage zur Publikation „Auswirkungen städtischer Nutzungsstrukturen auf Bodenversiegelung und Bodenpreis". CD-Rom. Dresden.

H. O. KIM, H. O. & LAKES, T. & KENNEWEG, H. & KLEINSCHMIT, B. 2005:
Different Approaches for Urban Habitat Type Mapping – The Case Study of Berlin and Seoul. Vortrag bei den ISPRS Joint Conferences. 3rd International Symposium Remote Sensing and Data Fusion Over Urban Areas (URBAN 2005). 5th International Symposium Remote Sensing of Urban Areas (URS 2005). 14. bis 16. März 2005. Tempe. USA.

LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE IM FREISTAAT SACHSEN 2004:
Abteilung Natur, Landschaft, Boden. Referat Bodenschutz. Umweltbeobachtung durch hochauflösende Satellitendaten: Bodenversiegelung und Flächennutzung im Freistaat Sachsen. Präsentation von Bernd Siemer im Rahmen von Soil SAGE am 7.7.2004 im UBA. Unveröffentlicht.

MATERJKA, E.; KÜHNEN, A. 2003:
Weiterentwicklung der Umweltbeobachtung im Freistaat Sachsen mittels Satellitenbilddaten. Abschlußbericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben (AZ: 13-8802.3524/36-1). Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie. Jena. Unveröffentlicht.

NETZBAND, M. 1998:
Möglichkeiten und Grenzen der Fernerkundung zur Versiegelungskartierung in Siedlungsräumen. IÖR-Schriften 28. Sächsische Druck- und Verlagshaus GmbH. Dresden.

NETZBAND, M. & REDMANA, C. L. & STEFANOV, W. L. 2005:
Challenges for Applied Remote Sensing Science in the Urban Environment. Vortrag bei den ISPRS Joint Conferences. 3rd International Symposium Remote Sensing and Data Fusion Over Urban Areas (URBAN 2005). 5th International Symposium Remote Sensing of Urban Areas (URS 2005). 14. bis 16. März 2005. Tempe. USA.

OERDER, M. 1999:
Bundes-Bodenschutzgesetz. Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten. Kommentar von Oerder, M.; Numberger, U.; Schönfeld, T.. Boorberg. Stuttgart.

POHL, W. 1991:
Werte für die Landschafts- und Bauleitplanung. Bodenfunktionszahl – Grünvolumenzahl. In: NNA-Mitteilungen 4/1991. S. 2-6. Schneverdingen.

RAYMAEKERSA, D. & BAUWENS, I. & VAN ORSHOVENA, J. & GULINCKA, H. & ENGELC, B. & DOSSELAERED, N. 2005:
Spectral Unmixing of Low Resolution Images for Monitoring Soil Sealing. Vortrag bei den ISPRS Joint Conferences. 3rd International Symposium Remote Sensing and Data Fusion Over Urban Areas (URBAN 2005). 5th International Symposium Remote Sensing of Urban Areas (URS 2005). 14. bis 16. März 2005. Tempe. USA.

SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG (SENSTADT) 2004:
CIR-Luftbilder der Senatsverwaltung von Juli 2004. Berlin. Unveröffentlicht.

SENATSVERWALTUNG FÜR BAU- UND WOHNUNGSWESEN (SENBAUWO) 1994:
Der trigonometrische Punkt I. Ordnung Müggelberg. Koordinatenanfangspunkt Berlin. Lebenswert Wohnen. Berlin.

DER SENATOR FÜR STADTENTWICKLUNG UND UMWELTSCHUTZ BERLIN (SENSTADTUM) 1985:
Umweltatlas Berlin. Bd. 1. Karte 01.02 Versiegelung. 1:50 000. Berlin.

SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND UMWELTSCHUTZ (SENSTADTUM) 1990:
Ökologisches Planungsinstrument Berlin Naturhaushalt/Umwelt. Abschlußbericht des F+E-Vorhabens. Gemeinsames Vorhaben des Umweltbundesamtes und der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz. Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit – ökologisches Demonstrationsvorhaben -. Forschungsbericht 109 02 00. Berlin.

SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG, WASSERBEHÖRDE (SENSTADTW) 2001:
Neuer Umgang mit Niederschlagswasser in Berlin. Broschüre. Berlin.

TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN (TUB) 2001:
Konzeptstudie zur Fortschreibung der Versiegelungsdaten mit Hilfe hochauflösender Satellitendaten unter Berücksichtigung der topologischen Fortführung des UIS-Grundlayouts - Abschlussbericht -. Institut für Landschaftsentwicklung Fachgebiet Landschaftsplanung, insb. Landschaftspflege und Naturschutz. Im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin. Berlin. Unveröffentlicht.

WESSOLEK 2001:
Bodenüberformung und -versiegelung. In: Handbuch der Bodenkunde. 11. Erg. Lfg. 04/01. S. 1-29.

Internet

BEHÖRDE FÜR STADTENTWICKLUNG UND UMWELT IN HAMBURG (BSU) 2003:
Versiegelung. Stand: 28.04.2003. Auf: http://fhh.hamburg.de/stadt/Aktuell/behoerden/stadtentwicklung-umwelt/umwelt/boden/bodenschutz/versiegelung/start.html. Hamburg. Zugriff am: 08.09.2005.

DIE BUNDESREGIERUNG 2005:
Nachhaltige Entwicklung. Auf: www.bundesregierung.de/Politikthemen/Nachhaltige-Entwicklung-,11409/Die-Nachhaltigkeitsstrategie-d.htm. Zugriff am 01.03.2005.

LANDESHAUPTSTADT MÜNCHEN REFERAT FÜR GESUNDHEIT UND UMWELT 1994:
Versiegelung - Die Situation in München. Stand 1994. Auf: http://www.muenchen.de/Rathaus/rgu/wohnen_bauen/boden/versiegelung/versiegelung_muc/104068/index.html. München. Zugriff am: 15.07.2005.

SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG (SENSTADT) 1993:
Digitaler Umweltatlas Berlin. 01.02 Versiegelung (Ausgabe 1993). Auf: www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/i102.htm. Zugriff am 03.04.2005.

SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG (SENSTADT) 2002:
Digitaler Umweltatlas Berlin. 06.07 Stadtstruktur (Ausgabe 2002). Auf: www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/din_607.htm. Zugriff am 03.04.2005.

SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG (SENSTADT) 2004:
Digitaler Umweltatlas Berlin. 01.02 Versiegelung (Ausgabe 2004). Auf: www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ia102.htm. Berlin. Zugriff am 03.04.2005.

SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG (SENSTADT) 2005A:
Automatisierte Liegenschaftskarte. Auf: www.stadtentwicklung.berlin.de. Zugriff am 03.04.2005.

SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG (SENSTADT) 2005B:
Digitaler Umweltatlas Berlin. 06.07 Stadtstruktur (Ausgabe 2005). Auf: www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/db607_03.htm#. Zugriff am 01.08.2005.

SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG (SENSTADT) 2005C:
Grüne Innenstadt - BFF – Biotopflächenfaktor. Auf: www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/landschaftsplanung/bff. Zugriff am 03.04.2005.

STATISTISCHES BUNDESAMT 2004:
Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche: 93 ha/Tag. Pressemitteilung vom 8. November 2004. Auf: http://www.destatis.de/presse/deutsch/pm2004/p4660112.htm. Zugriff am 9.6.2005.

WTE 2004:
WTE betriebsgesellschafte mbh. Auf: www.wteb.de. Zugriff am 01.08.2004.

Mündliche Mitteilungen

BREITHAUPT, M. 2005:
Mündliche Mitteilung. Gespräch am 25.05.2005 in der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung. Berlin.

GOEDECKE, M. & SCHNEIDER, T. 2005:
Mündliche Mitteilung. Gespräch am 27.04.2005 in der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung. Berlin.

KENNEWEG, H. 2005:
Mündliche Mitteilung. Gespräch am 16.12.2005 in der TU-Berlin. Berlin.

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ABM	Arbeitsbeschaffungsmaßnahme
AIBM	Arbeitsförderungsgesellschaft im Industriestandort Berlin-Marzahn mbH
ALB	Automatisiertes Liegenschaftsbuch
ALK	Automatisierte Liegenschaftskarte
BFF	Biotopflächenfaktor
BFZ	Bodenfunktionszahl
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BRD	Bundesrepublik Deutschland
BWB	Berliner Wasserbetriebe
bzw.	beziehungsweise
ca.	cirka
CIR	Color-Infrarot
cm	Zentimeter
DIGK 5	Digitalen Grundkarte 1:5.000
e.V.	eingetragener Verein
GIS	Geoinformationssystem
ha	Hektar
IÖR	Institut für ökologische Raumentwicklung e.V. Dresden
ISU	Informationssystem Stadt und Umwelt
ISU 5	Informationssystem Stadt und Umwelt 1:5.000
ISU 50	Informationssystem Stadt und Umwelt 1:50.000
KÖH	Klimatisch-Ökologisch-Hygienische Wert
KÖP	Klimaökologisch-Pedologische Kennwert
m²	Quadratmeter
MEZ	Mitteleuropäische Zeit
Mio.	Million
MOI	Material of Interest
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
RBS	Regionales Bezugssystem
TK	Topographische Karte
TM	Thematic Mapper
VG	Versiegelungsgrad
vgl.	vergleiche
YADE	Yet Another Data Environment
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil
%	Prozent

KARTEN

ANHANG

A 1 Verhältnis von neuer zu alter Bezirkseinteilung in Berlin

Bezirk alt	**Bezirk neu**
01 Mitte	01 Mitte
02 Tiergarten	
03 Wedding	
05 Friedrichshain	02 Friedrichshain-Kreuzberg
06 Kreuzberg	
04 Prenzlauerberg	03 Pankow
18 Weißensee	
19 Pankow	
07 Charlottenburg	04 Charlottenburg-Wilmersdorf
09 Wilmersdorf	
08 Spandau	05 Spandau
10 Zehlendorf	06 Steglitz-Zehlendorf
12 Steglitz	
11 Schöneberg	07 Tempelhof-Schöneberg
13 Tempelhof	
14 Neukölln	08 Neukölln
15 Treptow	09 Treptow-Köpenick
16 Köpenick	
21 Marzahn	10 Marzahn-Hellersdorf
23 Hellersdorf	
17 Lichtenberg	11 Lichtenberg
22 Hohenschönhausen	
20 Reinickendorf	12 Reinickendorf

A 2 Die Schritte der Satellitenbildauswertung

Die Satellitenbildauswertung wurde von dem Institut für Landschaftsentwicklung, Fachgebiet Landschaftsplanung, insb. Landschaftspflege und Naturschutz der TU-Berlin bis 2001 durchgeführt. Die nachfolgend dargestellten Arbeitsschritte stammen aus der Konzeptstudie zur Fortschreibung der Versiegelungsdaten mit Hilfe hochauflösender Satellitendaten (TUB 2001).

Die Kanäle 1 bis 4 der SPOT 4-Szene und die Kanäle 4, 5 und 7 der Landsat TM 7-Szene von 1999 wurden zunächst zu einem 7-kanaligen Bild kombiniert. Dieses neue Ausgangsbild wurde mit den folgenden Arbeitschritten bearbeitet.

1) Vorprozessierung des Datenfiles aus SPOT 4- und Landsat TM 7-Bildkanälen

In diesem ersten Schritt wird das Bild auf den vorhandenen spektralen Informationsgehalt hin überprüft. Diese Informationen werden in einem separaten Datensatz abgespeichert.

2) ‚Enviromental Correction'

Im zweiten Schritt werden Korrekturfaktoren hinsichtlich atmosphärischer und anderer Bedingungen während der Datenaufnahme berechnet. Diese Korrekturwerte ermöglichen die Übertragbarkeit von MOI-Signaturen auf andere Satellitenbildszenen, werden aber auch bei der Signaturermittlung der jeweiligen Szene benötigt.

3) Selektion der Signaturen, d.h. interaktive Bestimmung der MOI-Flächen

Der Selektion der zu untersuchenden MOI-Trainingsgebiete kommt besondere Bedeutung zu, da möglichst spektral eindeutige und engbandige Werte für die Durchführung der Klassifizierung benötigt werden. Die Gebietsdefinition ist ein iterativer Prozess, der immer wieder einzeln getestet und überprüft werden muss. Da im vorliegenden Fall eine genaue Bestimmung der einzelnen Oberflächenmaterialien aufgrund der geometrischen Auflösung des Bildmaterials nicht möglich war, wurden alle MOI-Flächen der Klasse versiegelt zugeordnet, unabhängig davon, ob es sich um Beton, Asphalt, Ziegeldach oder Naturstein handelt. Berücksichtigt wurden auch MOI-Bereiche in beschatteten bzw. vernässten Bereichen, sofern sie noch interaktiv eindeutig als versiegelt interpretiert werden konnten. Es wurden ca. 50 Trainingsgebiete definiert.

4) Kombination einzelner MOI-Signaturen

Dieser im Programmablauf vorgesehene Schritt wurde nicht durchgeführt, da die Einzelergebnisse der sukzessiv durchgeführten Klassifizierungen erst später überprüft und nach erfolgter Kontrolle kombiniert wurden.

5) Durchführung der MOI-Klassifikation

Bei der eigentlichen Subpixelklassifizierung wird aus dem Eingabebild (7 Bildkanäle) unter Verwendung der unter 2) erstellten Korrekturwerte und der jeweiligen MOI-Signatur ein Klassifizierungsergebnis berechnet. Standardmäßig wurde eine Klassifizierungstoleranz[19] von 1,0 gewählt. Ergebnis dieser Berechnung war je MOI ein Ausgabefile mit acht Ausgabeklassen der Materialanteile je Pixel (Material Pixel Fraction Class Range) in Prozentstufen. Dieser Schritt wurde für jedes MOI-Gebiet, also insgesamt ca. 50 mal wiederholt. Für die Klassifizierung wurde das gesamte Bild verwendet. Der Subpixelklassifizierungsprozess wurde hiermit abgeschlossen.

6) Überprüfung

Die aufgrund dieser Arbeitsschritte gewonnenen Ergebnisse wurden mit dem vorhanden Bildmaterial auf Plausibilität überprüft und ggf. verworfen. Es verblieben 32 verwertbare Zwischenergebnisse.

7) Zusammenfügung

Die verbliebenen Zwischenergebnisse wurden zu einem weiteren Zwischenergebnis zusammengefasst. Dabei wurde der jeweils höchste Klassenwert je Pixel mittels der Funktion

[19] Maß der "erlaubten" Abweichung der Signaturvorgabe bei der Bewertung aller zuzuweisenden Pixel

Overlay übernommen. Hierbei wurde eine Umkodierung der Werte gemäß folgender Tabelle vorgenommen (vgl. Tab. A 2.1).

Tab. A 2.1: Zwischenergebnis, MOI-Klassen (TUB 2001, 20)

MOI-Klasse	Entspricht einem Versiegelungsanteil von (%)	Versiegelungswert für spätere Berechnung
1	20-30	25
2	30-40	35
3	40-50	45
4	50-60	55
5	60-70	65
6	70-80	75
7	80-90	85
8	90-100	95

8) Verwendung von NDVI-Masken

Mit oben genannten Verfahren wurde aus der SPOT 4-Szene und der Landsat TM 7-Szene je ein NDVI Bild berechnet. Über eine interaktive Schwellenwertzuweisung aufgrund interaktiver visueller Bestimmung wurde dann das SPOT 4-Satellitenbild in drei Bereiche (Bildmasken) aufgeteilt:

- in einen vollständig versiegelten Bereich, d.h. Bereiche ohne ein Vegetationssignal,
- in einen vollständig unversiegelten Bereich, d.h. hier überwiegt die spektrale Information so stark, dass ein Reflexionswert von anderen (versiegelten) Objekten nicht bestimmbar ist und
- in einen Restbereich, der aus Mischpixeln besteht.

9) Kombination des Zwischenergebnisses mit den NDVI-Masken

Die MOI-Klassen werden mit den NDVI-Klassen unversiegelt und versiegelt kombiniert, und es entsteht das Endergebnis der Klassifizierung mit folgenden Klassen (vgl. Tab. A 2.2).

Tab. A 2.2: Klassen und Versiegelungswerte nach Ablauf der Subpixel-Klassifikation (TUB 2001, 20)

Klassenname	Versiegelungswert (Grauwert) für nachfolgende Berechnungen (%)	Bemerkung
0	--	Bildbereich wurden nicht in weitere Berechnungen mit einbezogen
1	1 *	Versiegelung = 0 (aus Bildmaske)
2	25	Subpixel-Klassifikation
3	35	Subpixel-Klassifikation
4	45	Subpixel-Klassifikation
5	55	Subpixel-Klassifikation
6	65	Subpixel-Klassifikation
7	75	Subpixel-Klassifikation
8	85	Subpixel-Klassifikation
9	95	Subpixel-Klassifikation
10	100	Versiegelung = 100 (aus Bildmaske)
* aus technischen Gründen konnte der Wert 0 diesen Flächen nicht zugewiesen werden, da bei den Auswertungsprogrammen nicht vorhandene Werte oder der Bildhintergrund mit 0 bezeichnet werden.		

10) Korrektur der Klassen 2 und 3

Nach einer interaktiven Überprüfung, die erkennen ließ, dass die Versiegelungswerte zu gering sind, wurden die Klassen 2 mit 25 % und 3 mit 35 % versiegelter Fläche der Klasse 4 mit 45 % zugeordnet.

11) Berechnung der Mittelwerte alle Grauwerte pro Blockteilfläche (ISU 5)

Die Berechnung der Mittelwerte aller Grauwerte pro Blockteilfläche erfolgte ohne Berücksichtigung der Klasse 0. Nach vier verschieden Varianten liegt im hier verwendeten Satellitendatensatz die zweite Berechnungsvariante vor. Es erfolgte eine Mittelwertberechnung der Klassenwerte aus der Pixelkarte über die Programmfunktion „Zonal Attributes“ im Erdas IMAGINE Programm, die aus einer vorherigen Berechnung (Mittelwertbildung) mit um 10m nach innen gepufferten Blockpolygonen bestimmt wurden. Dabei wurde der Wasser-Layer der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung einbezogen.

A 3 Dokumentation der Erstellung der ALK-Daten

Zuerst wurde die jeweilige ALK-Karte der Bezirke mit YADE-GIS geöffnet und die Flächen der Klasse „ALK_Gebäude“ teilgesichert und somit extrahiert. Danach wurden mittels des Deskriptors die Tiefgaragen („OS[20] entspricht 0112363“) gelöscht, um Überschneidungen und somit doppelte versiegelte Flächen zu vermeiden. Ebenso wurden Flächen, die als geplante Gebäude ausgewiesen sind, mittels des Deskriptors („OS entspricht 087xxxx“) gelöscht. Um die Flächen der übriggebliebenen Gebäude nun auf mit den anderen Datensätzen vergleichbar zu machen, wurde die Teilblockflächengeometrie der ISU 5 nachgeladen.

[20] OS = Objektschlüssel

Danach musste die neue Klasse „Geb-verschnitt“ angelegt und aktiv geschaltet werden. Über die Funktion Verschneiden wurden jeweils die Teilblöcke und die Hauptblöcke der ISU 5 mit den Gebäuden der ALK verschnitten. Hierbei musste folgende Formel eingetragen werden (vgl. Tab. A 1.1).

Tab. A 3.1: Bildschirmoberfläche der Funktion Verschneiden

(1) Teilblöcke bzw. Hauptblöcke	(2) ALK_Gebäude
schlüssel=schlüssel(1)	
os=os(2)	

Über die Funktion Report konnte dann eine Liste erstellt werden, die den Blockschlüssel, den bebauten Flächeninhalt und den Deskriptor mit den Erklärungen der ALK enthält. Dieser Vorgang wurde für jedem Bezirk durchgeführt, sodass am Ende zwölf Listen erstellt waren. Die Listen wurden in txt-Dateien gespeichert und in eine Datenbank eingelesen.

A 4 Nutzungsspezifischer Vergleich

Tab. A 4.1: Nutzungsspezifischer Vergleich, Umweltatlasdaten und ALK-Daten

Vergleich	1 Umweltatlasdaten und ALK-Daten													
Gesamtfläche (m²)	454.553.577													
Nutzung (WOZ, GRZ)	Gesamtvergleich	Wohngebiet (10)	Park, Grünfläche (130)	Friedhof (150)	Kleingarten (160-162)	Brachfläche (171-174)	Sportplatz (190)	Baumschule/Gartenbau (200)	Mischgebiet (21-23)	Kerngebiet (30)	Gewerbe- und Industrie-gebiet (40)	Gemeinbedarfs- und Sondernutzung (50)	Ver- und Entsorgungs-einrichtungen (60)	Verkehrsfläche (80)
Blockflächenanzahl	16.516	10.454	237	154	713	210	341	138	1.095	257	951	1.522	138	149
Differenz der bebaut versiegelten Fläche insgesamt (m²)	24595923	9112968	224378	128691	1879083	306446	451218	448610	1463400	621973	5295433	3040368	962192	348455
Differenz der bebaut versiegelten Fläche pro Blockfläche (m²)	1489	872	947	836	2635	1459	1323	3251	1336	2420	5568	1998	6972	2339
Differenz der bebaut versiegelte Fläche pro angenommene durch-schnittliche Blockfläche (%)	5,13	3,01	3,26	2,88	9,09	5,03	4,56	11,21	4,61	8,35	19,20	6,89	24,04	8,06

Tab. A 4.2: Nutzungsspezifischer Vergleich, Umweltatlasdaten und Satellitendaten

Vergleich	**2 Umweltatlasdaten und Satellitendaten**										
Gesamtfläche (m²)	555.497.787										
Nutzung (WOZ, GRZ)	Gesamtvergleich	Wohngebiet (10)	Park, Grünfläche (130)	Stadtplatz (140)	Kleingarten (160-162)	Brachfläche (171-174)	Mischgebiet (21-23)	Kerngebiet (30)	Gewerbe- und Industriegebiet (40)	Gemeinbedarfs- und Sondernutzung (50)	Verkehrsfläche (80)
Blockflächenanzahl	14.005	8.047	390	142	249	128	785	146	327	417	595
Differenz der Gesamtversiegelung insgesamt (m²)	56854146	17067785	506535	129466	979166	327378	1907951	167248	1650541	1559029	4696287
Differenz der Gesamtversiegelung pro Blockfläche (m²)	4060	2121	1299	912	3932	2558	2431	1146	5048	3739	7893
Differenz der Gesamtversiegelung pro angenommene durchschnittliche Blockfläche (%)	14,00	7,31	4,48	3,14	13,56	8,82	8,38	3,95	17,41	12,89	27,22

Tab. A 4.3: Nutzungsspezifischer Vergleich, Umweltatlasdaten und BWB-Daten

Vergleich	**3 Umweltatlasdaten und BWB-Daten**												
Gesamtfläche (m²)	386.272.265												
Nutzung (WOZ, GRZ)	Gesamtvergleich	Wohngebiet (10)	Park, Grünfläche (130)	Friedhof (150)	Kleingarten (160-162)	Brachfläche (171-174)	Sportplatz (190)	Mischgebiet (21-23)	Kerngebiet (30)	Gewerbe- und Industriegebiet (40)	Gemeinbedarfs- und Sondernutzung (50)	Ver- und Entsorgungseinrichtungen (60)	Verkehrsfläche (80)
Blockflächenanzahl	14.217	8.818	299	132	327	235	313	1.043	235	865	1402	125	217
Differenz der bebaut versiegelten Fläche insgesamt (m²)	24377492	9630052	220592	100163	1712842	201686	421453	13250437	652874	5304016	2875566	921705	418868
Differenz der bebaut versiegelten Fläche Blockfläche (m²)	1715	1092	738	759	5238	858	1347	12704	2778	6132	2051	7374	1930
Differenz der bebaut versiegelten Fläche pro angenommene durchschnittliche Blockfläche (%)	5,91	3,77	2,54	2,62	18,06	2,96	4,64	4,74	9,58	21,14	7,07	25,43	6,66
Differenz der unbebaut versiegelten Fläche insgesamt (m²)	42919288	13693698	858966	1149694	1766607	625413	2609411	2248536	724245	8487233	5597889	1316862	3192769
Differenz der unbebaut versiegelten Fläche pro Blockfläche (m²)	3019	1553	2873	8710	5402	2661	8337	2156	3082	9812	3993	10535	14713
Differenz der unbebaut versiegelten Fläche pro angenommene durchschnittliche Blockfläche (%)	10,41	5,35	9,91	30,03	18,63	9,18	28,75	7,43	10,63	33,83	13,77	36,33	50,74
Differenz der Gesamtversiegelung insgesamt (m²)	53253917	17974761	947216	1180695	3437200	721513	2555597	2531110	1037312	10480922	6614368	1737406	3073188
Differenz der Gesamtversiegelung pro Blockfläche (m²)	3746	2038	3168	8945	10511	3070	8165	2427	4414	12117	4718	13899	14162
Differenz der Gesamtversiegelung pro angenommene durchschnittliche Blockfläche (%)	12,92	7,03	10,92	30,84	36,25	10,59	28,15	8,37	15,22	41,78	16,27	47,93	48,84

Tab. A 4.4: Nutzungsspezifischer Vergleich, Umweltatlasdaten und terrestrische Daten, BWB-Daten und Satellitendaten

Vergleich	**4 Umweltatlasdaten und terrestrische Daten**		**5 BWB-Daten und Satellitendaten**							
Gesamtfläche (m²)	10.321.664		451.998.210							
Nutzung (WOZ, GRZ)	Gesamtvergleich	Wohngebiet (10)	Gesamtvergleich	Wohngebiet (10)	Park, Grünfläche (130)	Mischgebiet (21-23)	Kerngebiet (30)	Gewerbe- und Industriegebiet (40)	Gemeinbedarfs- und Sondernutzung (50)	Verkehrsfläche (80)
Blockflächenanzahl	346	208	11.323	6.853	149	772	133	304	385	218
Differenz der bebaut versiegelten Fläche insgesamt (m²)	652390	376016	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Differenz der bebaut versiegelten Fläche pro Blockfläche (m²)	1886	1808	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Differenz der bebaut versiegelten Fläche pro angenommene durchschnittliche Blockfläche (%)	6,50	6,23	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Differenz der unbebaut versiegelten Fläche insgesamt (m²)	958985	518198	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Differenz der unbebaut versiegelten Fläche pro Blockfläche (m²)	2772	2491	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Differenz der unbebaut versiegelten Fläche pro angenommene durchschnittliche Blockfläche (%)	9,56	8,59	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Differenz der Gesamtversiegelung insgesamt (m²)	1039034	475526	66581443	18108849	389473	2445191	458232	3689672	2052686	6652480
Differenz der Gesamtversiegelung pro Blockfläche (m²)	3003	2286	5880	2642	2614	3167	3445	12137	5332	30516
Differenz der Gesamtversiegelung pro angenommene durchschnittliche Blockfläche (%)	10,36	7,88	20,28	9,11	9,01	10,92	11,88	41,85	18,39	105,23
k. A.: keine Angaben										

Tab. A 4.5: Nutzungsspezifischer Vergleich, BWB-Daten und ALK-Daten

Vergleich	**6 BWB-Daten und ALK-Daten**											
Gesamtfläche (m²)	376.057.500											
Nutzung (WOZ, GRZ)	Gesamtvergleich	Wohngebiet (10)	Park, Grünfläche (130)	Friedhof (150)	Kleingarten (160-162)	Sportplatz (190)	Mischgebiet (21-23)	Kerngebiet (30)	Gewerbe- und Industriegebiet (40)	Gemeinbedarfs- und Sondernutzung (50)	Ver- und Entsorgungseinrichtungen (60)	Verkehrsfläche (80)
Blockflächenanzahl	13.684	8.809	322	125	280	268	1.044	232	843	1.371	124	125
Differenz der bebaut versiegelten Fläche insgesamt (m²)	10835181	5065127	77503	18926	523084	194762	862517	362424	2085933	1054775	247785	131332
Differenz der bebaut versiegelten Fläche pro Blockfläche (m²)	792	575	241	151	1868	728	826	1562	2474	769	1998	1051
Differenz der bebaut versiegelten Fläche pro angenommene durchschnittliche Blockfläche (%)	2,73	1,98	0,83	0,52	6,44	2,51	2,85	5,39	8,53	2,65	6,89	3,62

Tab. A 4.6: Nutzungsspezifischer Vergleich, BWB-Daten und terrestrische Daten, Terrestrische Daten und ALK-Daten, Satellitendaten und terrestrische Daten

Vergleich	**7 BWB-Daten und terrestrische Daten**		**8 Terrestrische Daten und ALK-Daten**		**9 Satellitendaten und terrestrische Daten**	
Gesamtfläche (m²)	10.360.973		10.136.552		12.012.407	
Nutzung (WOZ, GRZ)	Gesamtvergleich	Wohngebiet (10)	Gesamtvergleich	Wohngebiet (10)	Gesamtvergleich	Wohngebiet (10)
Blockflächenanzahl	343	208	329	211	267	165
Differenz der bebaut versiegelten Fläche insgesamt (m²)	250006	145360	224745	119908	k. A.	k. A.
Differenz der bebaut versiegelten Fläche pro Blockfläche (m²)	729	4239	683	568	k. A.	k. A.
Differenz der bebaut versiegelten Fläche pro angenommene durchschnittliche Blockfläche (%)	2,51	2,41	2,36	1,96	k. A.	k. A.
Differenz der unbebaut versiegelten Fläche insgesamt m²	1234867	803449	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Differenz der unbebaut versiegelten Fläche pro Blockfläche (m²)	3600	698	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Differenz der unbebaut versiegelten Fläche pro angenommene durchschnittliche Blockfläche (%)	12,41	13,32	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Differenz der Gesamtversiegelung insgesamt m²	1351193	881784	k. A.	k. A.	1018749	311223
Differenz der Gesamtversiegelung pro Blockfläche (m²)	3939	3863	k. A.	k. A.	3816	1886
Differenz der Gesamtversiegelung pro angenommene durchschnittliche Blockfläche (%)	13,58	14,62	k. A.	k. A.	13,16	6,50
k. A.: keine Angaben						

A 5 Stadtstrukturtypenvergleich

Tab. A 5.1: Stadtstrukturtypenvergleich, Umweltatlasdaten und ALK-Daten

Vergleich	**1 Umweltatlasdaten und ALK-Daten**															
Gesamtfläche (m²)	454.553.577															
Stadtstrukturtyp	Gesamt-vergleich	A	B	C	D	E	F	H	I	J	L	M	N	O	P	Q
Blockflächen-anzahl	16.516	1.274	649	425	961	885	558	5.90	664	355	268	1.079	153	1.500	1.733	142
Differenz der bebaut versiegel-ten Fläche ins-gesamt (m²)	24595923	1026393	523198	420916	575983	1035806	1142996	4319201	539796	339253	643465	5037886	1503124	2896674	3084086	193183
Differenz der bebaut versiegel-ten Fläche pro Blockfläche (m²)	1489	806	806	990	599	1170	2048	816	813	956	2401	4669	9824	1931	1780	1360
Differenz der bebaut versiegel-ten Fläche pro angenommene durchschnittli-che Blockfläche (%)	5,13	2,78	2,78	3,42	2,07	4,04	7,06	2,82	2,80	3,30	8,28	16,10	33,88	6,66	6,14	4,69

Tab. A 5.2: Stadtstrukturtypenvergleich, Umweltatlasdaten und Satellitendaten

Vergleich	**2 Umweltatlasdaten und Satellitendaten**														
Gesamtfläche (m²)	235.068.374														
Stadtstrukturtyp	Gesamt-vergleich	A	B	C	D	E	F	H	I	J	L	M	O	P	Q
Blockflächenanzahl	14.005	1.065	560	375	834	519	301	4.111	557	262	149	368	410	1.019	445
Differenz der Gesamtversiegelung insgesamt (m²)	56854146	1711220	1434607	756940	1923867	1681795	1347891	7721276	1078904	737204	186829	1883704	1479946	2526341	1264263
Differenz der Gesamtversiegelung pro Blockfläche (m²)	4060	1607	2562	2019	2307	3240	4478	1878	1937	2814	1254	5119	3610	2479	2841
Differenz der Gesamtversiegelung pro angenommene durchschnittliche Blockfläche (%)	14,00	5,54	8,83	6,96	7,95	11,17	15,44	6,48	6,68	9,70	4,32	17,65	12,45	8,55	9,80

Tab. A 5.3: Stadtstrukturtypenvergleich, Umweltatlasdaten und BWB-Daten

Vergleich	**3 Umweltatlasdaten und BWB-Daten**															
Gesamtfläche (m²)	386.272.265															
Stadtstrukturtyp	Gesamt-ver-gleich	A	B	C	D	E	F	H	I	J	L	M	N	O	P	Q
Blockflächenanzahl	14.217	1.265	648	420	938	862	556	3.841	596	333	241	967	152	1.377	1.395	206
Differenz der bebaut versiegelten Fläche insgesamt (m²)	24377492	1029885	575509	446813	614684	1108971	1072442	4424472	687361	435914	664214	4849301	1560805	2719244	2737058	246550
Differenz der bebaut versiegelten Fläche Blockfläche (m²)	1715	814	888	1064	655	1287	1929	1152	1153	1309	2756	5015	10268	1975	1962	1197
Differenz der bebaut versiegelten Fläche pro angenommene durchschnittliche Blockfläche (%)	5,91	2,81	3,06	3,67	2,26	4,44	6,65	3,97	3,98	4,51	9,50	17,29	35,41	6,81	6,77	4,13
Differenz der unbebaut versiegelte Fläche insgesamt m²	42919288	1945585	954977	734245	1116418	1840738	2316871	4870389	750104	463189	752414	9264428	860396	5228795	7446624	2708540
Differenz der unbebaut versiegelten Fläche Blockfläche (m²)	3019	1538	1474	1748	1190	2135	4167	1268	1259	1391	3122	9581	5661	3797	5338	13148
Differenz der unbebaut versiegelten Fläche pro Blockfläche (%)	10,41	5,30	5,08	6,03	4,10	7,36	14,37	4,37	4,34	4,80	10,77	33,04	19,52	13,09	18,41	45,34
Gesamtversiegelung insgesamt m²	53253917	1976728	1086387	762758	1253453	1993960	2864133	7289392	1179201	694639	1076369	10880670	1703850	6288347	9309894	2726871
Differenz der Gesamtversiegelung pro Blockfläche (m²)	3746	1563	1677	1816	1336	2313	5151	1898	1979	2086	4466	11252	11210	4567	6674	13237
Differenz der Gesamtversiegelung pro angenommene durchschnittliche Blockfläche (%)	12,92	5,39	5,78	6,26	4,61	7,98	17,76	6,54	6,82	7,19	15,40	38,80	38,65	15,75	23,01	45,65

Tab. A 5.4: Stadtstrukturtypenvergleich, Umweltatlasdaten und terrestrische Daten

Vergleich	**4 Umweltatlasdaten und terrestrische Daten**	
Gesamtfläche (m²)	10.321.664	
Stadtstrukturtyp	Gesamtvergleich	H
Blockflächenanzahl	346	148
Differenz der bebaut versiegelten Fläche insgesamt (m²)	652390	99107
Differenz der bebaut versiegelten Fläche pro Blockfläche (m²)	1886	670
Differenz der bebaut versiegelten Fläche pro angenommene durchschnittliche Blockfläche (%)	6,50	2,31
Differenz der unbebaut versiegelten Fläche insgesamt (m²)	958985	167496
Differenz der unbebaut versiegelten Fläche pro Blockfläche (m²)	2772	1132
Differenz der unbebaut versiegelten Fläche pro angenommene durchschnittliche Blockfläche (%)	9,56	3,90
Differenz der Gesamtversiegelung insgesamt (m²)	1039034	239008
Differenz der Gesamtversiegelung pro Blockfläche (m²)	3003	1615
Differenz der Gesamtversiegelung pro angenommene durchschnittliche Blockfläche (%)	10,36	5,57
k. A.: keine Angaben		

Tab. A 5.5: Stadtstrukturtypenvergleich, BWB-Daten und Satellitendaten

Vergleich	**5 BWB-Daten und Satellitendaten**														
Gesamtfläche (m²)	304.588.297														
Stadtstrukturtyp	Gesamtvergleich	A	B	C	D	E	F	H	I	J	L	M	O	P	Q
Blockflächenanzahl	11.323	1.059	560	372	818	510	299	3.044	507	252	135	339	381	376	111
Differenz der Gesamtversiegelung insgesamt (m²)	66581443	2777856	1850963	1047872	1844922	1860141	2042806	6464972	1133029	752111	479750	3555941	1836149	1880572	1052555
Differenz der Gesamtversiegelung pro Blockfläche (m²)	5880	2623	3305	2817	2255	3647	6832	2124	2235	2985	3554	10490	4819	5002	9482
Differenz der Gesamtversiegelung pro angenommene durchschnittliche Blockfläche (%)	20,28	9,05	11,40	9,71	7,78	12,58	23,56	7,32	7,71	10,29	12,25	36,17	16,62	17,25	32,70

Tab. A 5.6: Stadtstrukturtypenvergleich, BWB-Daten und ALK-Daten

Vergleich	**6 BWB-Daten und ALK-Daten**															
Gesamtfläche (m²)	376.057.500															
Stadtstrukturtyp	Gesamt ver-gleich	A	B	C	D	E	F	H	I	J	L	M	N	O	P	Q
Blockflächenanzahl	13.684	1.265	648	420	938	863	556	3.838	596	333	236	943	152	1.349	1.052	118
Differenz der bebaut versiegelten Fläche insgesamt (m²)	10835181	387881	272477	166002	170956	319284	308621	3271569	398225	263206	363549	2059985	443912	990639	873029	66425
Differenz der bebaut versiegelten Fläche pro Blockfläche (m²)	792	307	420	395	182	370	555	852	668	790	1540	2185	2920	734	830	563
Differenz der bebaut versiegelten Fläche pro angenommene durchschnittliche Blockfläche (%)	2,73	1,06	1,45	1,36	0,63	1,28	1,91	2,94	2,30	2,73	5,31	7,53	10,07	2,53	2,86	1,94

Tab. A 5.7: Stadtstrukturtypenvergleich, BWB-Daten und terrestrische Daten, Terrestrische Daten und ALK-Daten, Satellitendaten und terrestrische Daten

Vergleich	**7 BWB-Daten und terrestrische Daten**		**8 Terrestrische Daten und ALK- Daten**		**9 Satellitendaten und terrestrische Daten**	
Gesamtfläche (m²)	10.360.973		10.136.552		8.020.941	
Stadtstrukturtyp	Gesamtvergleich	H	Gesamtvergleich	H	Gesamtvergleich	H
Blockflächenanzahl	343	145	329	148	267	134
Differenz der bebaut versiegelten Fläche insgesamt (m²)	250006	182251	224745	73036	k. A.	k. A.
Differenz der bebaut versiegelten Fläche pro Blockfläche (m²)	729	1257	683	493	k. A.	k. A.
Differenz der bebaut versiegelten Fläche pro angenommene durchschnittliche Blockfläche (%)	2,51	4,33	2,36	1,70	k. A.	k. A.
Differenz der unbebaut versiegelten Fläche insgesamt (m²)	1234867	101589	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Differenz der unbebaut versiegelten Fläche pro Blockfläche (m²)	3600	701	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Differenz der unbebaut versiegelten Fläche pro angenommene durchschnittliche Blockfläche (%)	12,41	2,42	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Differenz der Gesamtversiegelung insgesamt (m²)	1351193	264527	k. A.	k. A.	1018749	213371
Differenz der Gesamtversiegelung pro Blockfläche (m²)	3939	1824	k. A.	k. A.	3816	1592
Differenz der Gesamtversiegelung pro angenommene durchschnittliche Blockfläche (%)	13,58	6,29	k. A.	k. A.	13,16	5,49
k. A.: keine Angaben						

Die selbständige und eigenhändige Anfertigung versichere ich an Eides statt.

Leilah Haag, Berlin, den 15. Januar 2006