



STADT  
LAND  
PLUS+

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

# INTEGRAL

Integriertes Konzept für mineralische Abfälle und  
Landmanagement zur nachhaltigen Entwicklung von  
Stadt-Land-Nutzungsbeziehungen



**Das Modul „Material“ – How-To zur Erstellung eines  
Materialkatasters**



## Inhalt

1. How-To zur Erstellung des Materialkatasters .....	7
1.1. Übersicht .....	7
1.2. Anwendungsbereiche.....	7
1.3. Angewandtes Prinzip der Materiallagerberechnung .....	8
1.4. Grundlegendes Vorgehen - Gebäude .....	9
1.4.1. Erstellung des Digitalen Stadtmodells.....	9
1.4.2. Materialkennzahlen.....	18
1.4.3. Materialkataster – Gebäude .....	20
1.5. Grundlegendes Vorgehen - Verkehrswege .....	22
1.5.1. Erstellung des digitalen Stadtmodells .....	22
1.5.2. Materialkennzahlen.....	23
1.5.3. Materialkataster – Verkehrswege .....	24
1.6. Schritt für Schritt zur Erstellung des 3D-Stadtmodells .....	26
1.6.1. Zielstellung.....	26
1.6.2. Gebäude .....	26
1.6.3. Verkehrswege.....	33
1.7. Schritt für Schritt zu Materialkennzahlen .....	35
1.7.1. Gebäude .....	35
1.7.2. Verkehrswege.....	37
1.8. Schritt für Schritt zum Materialkataster.....	38
1.8.1. Gebäude .....	38
1.8.2. Verkehrswege.....	38
I. Quellen .....	39
II. Anhang.....	40

## Tabellen

Tabelle 1 Definierte Gebäudetypen für Dresdner Wohn- und Nichtwohngebäude.....	20
Tabelle 2 Zuordnung der Kategorien aus dem Informationssystem Gebaute Umwelt zu Widmungen aus dem GIS-Datensatz .....	24
Tabelle 3 Materialkennzahlen der Verkehrswegekategorien .....	25
Tabelle 4 Übertragung der Verkehrswegekategorie aus dem Informationssystem Gebaute Umwelt in die Verkehrswegekategorien der GIS-Analyse .....	34
Tabelle 5 MKZ Einzel stehendes Einfamilienhaus .....	41
Tabelle 6 MKZ Gereihtes Einfamilienhaus.....	42
Tabelle 7 MKZ Ländliches Einfamilienhaus.....	43
Tabelle 8 MKZ Traditionelle Zeile der 1920er bis 1960er Jahre .....	44
Tabelle 9 MKZ Plattenbau-Zeile der 1970er bis 1980er Jahre .....	45
Tabelle 10 MKZ Mehrfamilienhaus .....	46
Tabelle 11 MKZ Nichtwohnbebauung für Gemeinbedarf .....	47
Tabelle 12 MKZ Industrie- und Gewerbe-Bebauung.....	48
Tabelle 13 Prozentuale Materialkennzahlen für Verkehrswege .....	49

## Abbildungen

Abbildung 1 Bottom-Up-Ansatz der Erstellung des Materialkatasters .....	8
Abbildung 2 Übersicht Vorgehen zur Berechnung der Materialflüsse.....	9
Abbildung 3 Erstellung des Digitalen Stadtmodells - Aufbereitung der Rohdaten I .....	10
Abbildung 4 Erstellung des Digitalen Stadtmodells - Aufbereitung der Rohdaten II .....	11
Abbildung 5 Erstellung des Digitalen Stadtmodells – Erstellung Centroide der Gebäudepolygone mittels „FeaturetoPoint“ .....	12
Abbildung 6 Erstellung des Digitalen Stadtmodells – Räumliche Abfrage der Stadtteilgrenzen mittels "SpatialJoin" .....	13
Abbildung 7 Erstellung des Digitalen Stadtmodells – Verknüpfung des Gebäudepolygondatensatzes mit dem Ergebnisdatensatz der räumlichen Abfrage.....	13
Abbildung 8 Erstellung des Digitalen Stadtmodells - Informationell angereicherte Attributtabelle des LOD-Gebäudepolygon-Datensatzes .....	14
Abbildung 9 Erstellung des Digitalen Stadtmodells - Kategorisierung und Differenzierung der Gebäudetypen.....	15
Abbildung 10 Erstellung des Digitalen Stadtmodells - Materialkennzahlen der differenzierten Gebäudekategorien.....	16
Abbildung 11 Erstellung des Digitalen Stadtmodells - Aufbereitung der Materialkennzahlen zur Kopplung an die Attributtabelle des LOD-Gebäudepolygondatensatzes .....	16
Abbildung 12 Erstellung des Digitalen Stadtmodells - Verknüpfung der MKZ-Tabelle mit LOD-Gebäudepolygonshape mittels „Join and Relates“ .....	17
Abbildung 13 Erstellung des Digitalen Stadtmodells - Berechnung des Materiallagers in Attributtabelle des LOD-Gebäudepolygonshapes .....	17
Abbildung 14 Materialanalyse von Gebäuden – schematische Darstellung des methodischen Vorgehens.....	18
Abbildung 15 Informationssystem Gebaute Umwelt – schematische Darstellung des Auswahlprozesses (Gebäude) bis zum Datendownload.....	19
Abbildung 16 MKZ der definierten Wohn- und Nichtwohngebäude in t/m <sup>3</sup> BRI.....	20
Abbildung 17 Materialkataster des Dresdner Gebäudebestandes .....	22
Abbildung 18 Materialzusammensetzung der Verkehrswege Dresdens .....	24
Abbildung 19 Materiallager der Verkehrswege Dresdens .....	25
Abbildung 20 Erstellung des Digitalen Stadtmodells - Aufbereitung der Rohdaten I .....	27
Abbildung 21 Erstellung des Digitalen Stadtmodells – Aufbereitung der Rohdaten II .....	27
Abbildung 22 Erstellung des Digitalen Stadtmodells – Erstellung Centroide der Gebäudepolygone mittels „FeaturetoPoint“ .....	28
Abbildung 23 Erstellung des Digitalen Stadtmodells – Räumliche Abfrage der Stadtteilgrenzen mittels "SpatialJoin" .....	28

Abbildung 24 Erstellung des Digitalen Stadtmodells – Verknüpfung des Gebäudepolygondatensatzes mit Ergebnisdatensatz der räumlichen Abfrage.....	29
Abbildung 25 Erstellung des Digitalen Stadtmodells - Informationell angereicherte Attributtabelle des LOD-Gebäudepolygon-Datensatzes .....	30
Abbildung 26 Erstellung des Digitalen Stadtmodells - Kategorisierung und Differenzierung der Gebäudetypen.....	31
Abbildung 27 Erstellung des Digitalen Stadtmodells - Materialkennzahlen der differenzierten Gebäudekategorien.....	31
Abbildung 28 Erstellung des Digitalen Stadtmodells - Aufbereitung der Materialkennzahlen zur Kopplung an die Attributtabelle des LOD-Gebäudepolygondatensatzes .....	32
Abbildung 29 Erstellung des Digitalen Stadtmodells - Verknüpfung der MKZ-Tabelle mit LOD-Gebäudepolygonshape mittels „Join and Relates“ .....	32
Abbildung 30 Erstellung des Digitalen Stadtmodells - Berechnung des Materiallagers in der Attributtabelle des LOD-Gebäudepolygonshapes.....	33
Abbildung 31 Informationssystem Gebaute Umwelt.....	35
Abbildung 32 Beispielhafte Downloadtabelle aus dem Informationssystem Gebaute Umwelt.....	36
Abbildung 33 Fließschema für Materialkennzahlen für Wohngebäude (WG).....	37
Abbildung 34 Fließschema für Materialkennzahlen für Nichtwohngebäude (NWG) .....	37

## Abkürzungen

ALKIS .....	<i>Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem</i>
E/ZFH .....	<i>Ein-/Zweifamilienhaus</i>
EFH.....	<i>Einfamilienhaus</i>
HU .....	<i>Hausumring</i>
ID. ....	<i>Identifikationsnummer</i>
LOD .....	<i>Level of Detail</i>
MFH .....	<i>Mehrfamilienhaus</i>
MKZ .....	<i>Materialkennzahl</i>
WG .....	<i>Wohngebäude</i>
NWG .....	<i>Nichtwohngebäude</i>

## 1. HOW-TO ZUR ERSTELLUNG DES MATERIALKATASTERS

### 1.1. Übersicht

Dieses How-To stellt eine Schritt-für-Schritt-Anleitung dar, um ein Kataster der in Gebäuden und Verkehrswegen gebundenen Baumaterialien im Stadt- oder Gemeindegebiet, ein sogenanntes Materialkataster, selbstständig zu erstellen, zu pflegen, anzuwenden und auf dieser Grundlage zukünftige Mengen an Bauabfällen sowie potenzielle Bedarfe an Recyclingbaumaterialien zu ermitteln. Es richtet sich in erster Linie an kommunale Akteure, die daraus resultierende Ergebnisse unterstützend in Planungs- und Verwaltungsvorgänge einfließen lassen. Das Kataster selbst dient weiterhin der Sensibilisierung hinsichtlich potenzieller anthropogener Ressourcen im Bauwerksbestand.

In zwei Kapiteln wird das grundlegende Vorgehen für die Erstellung des Materialkatasters ausführlich erläutert, hergeleitet und begründet (1.4 Grundlegendes Vorgehen - Gebäude und 1.5 Grundlegendes Vorgehen - Verkehrswege). In den drei folgenden Kapiteln wird der Anwender Schritt für Schritt zur Erstellung des Digitalen Stadtmodells (1.6 Schritt für Schritt zur Erstellung des 3D-Stadtmodells), zur Recherche der MKZ (1.7 Schritt für Schritt zu Materialkennzahlen) und zur Berechnung des Materiallagers (1.8 Schritt für Schritt zum Materialkataster) geführt. Dopplungen von Erläuterungen oder Abbildungen sind bewusst gewählt, um die Aussagekraft und Verständlichkeit in allen Teilen des How-To bestmöglich zu gewährleisten. Das How-To wurde am Beispiel von Dresden in einem intensiven Co-Prozesses mit der Stadt erarbeitet und qualifiziert.

Das How-To ist Teil des Informations- und Analysetools „INTEGRAL“. Dieses Tool ist eine modular aufgebaute Entscheidungsunterstützung. Es ist darauf ausgelegt, Informationen zu regional vorhandenen Materialien und deren Dynamik erstellen zu können (Modul „Material“), Transparenz in Bezug auf die Qualität der Materialien und deren Sicherstellung entlang der zu durchlaufenden Prozessketten herzustellen (Modul „Qualität“) sowie die erforderlichen (flächen-)planerischen Voraussetzung zu schaffen, diese Qualitäten in erforderlichen Mengen an geeigneten Standorten zu produzieren (Modul „Fläche“).

Das How-To wird als Modul „Material“ in das Tool implementiert. Entwickelt wird es vom Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung Dresden, durch Feedback von der Stadt Dresden als Praxispartner im Projekt in einem Co-Prozess unterstützt.

### 1.2. Anwendungsbereiche

Mit Informationen aus dem Materialkataster sowie Aussagen zu künftigen möglichen Entwicklungen können Anwendungen des Materialkatasters durchgespielt werden. Dafür ist ein reger Austausch mit jenen Akteuren wichtig, die das Materialkataster anwenden wollen. Dieser Austausch muss in beiden Richtungen geführt werden. Auf der einen Seite ist von Interesse, auf welche Fragen die Akteure eine Antwort benötigen, welche Aspekte und Sachverhalte sie dabei speziell interessieren, was ihnen das Materialkataster liefern soll. Auf der anderen Seite „braucht“ das Materialkataster Input von den Akteuren zu Festlegungen, Annahmen oder speziellen Daten, um die gewünschten Informationen im Rahmen von Simulationsrechnungen ableiten und ermitteln zu können.

In diesem Zusammenhang ist es wichtig, das Materialkataster als zirkuläres System zu begreifen. Die in den Gebäuden steckenden Baumaterialien werden beim Abriss zu Abfallkategorien, aus denen sich in anschließenden Recyclingprozessen Sekundärmaterialien herstellen lassen. Diese können beim Neubau von Gebäuden genutzt werden, um Primärmaterialien und damit Rohstoffe zu sparen und eine geschlossene Kreislaufwirtschaft zu ermöglichen. Um diese Kreislaufführung zu garantieren, ist es im konkreten Anwendungsfall wichtig, vollständige, vom Output bis zum Input durchgehende

Prozessketten zu betrachten und zu analysieren. Diese integrieren alle notwendigen Aufbereitungs- und Herstellungsschritte, einschließlich dabei verwendeter Techniken, Technologien und eingesetzter Maschinen und Geräte, sowie alle zu beachtenden geltenden Normen und Regelwerke.

Ausgestattet mit dem Materialkataster (seinen Rechen- und Kombinationsalgorithmen, seinen Annahmen und Festlegungen) und im Co-Prozess mit Akteuren der Stadt, die auf ihre Fragen eine Antwort haben möchten, können unterschiedliche Anwendungen durchgespielt werden. Dabei bestimmt der iterative Austausch mit den Akteuren maßgeblich notwendige Annahmen und Festlegungen sowie den Werdegang der Rechnungen und Kalkulationen.

### 1.3. Angewandtes Prinzip der Materiallagerberechnung

Methodisch basiert das digitale Materialkataster von Dresden auf dem Prinzip der Bottom-Up-Materialflussanalyse, in Kombination mit einem Gebäude-/Verkehrswege-Typenansatz (Abbildung 1). Für Gebäude wird es berechnet, indem die Menge an Gebäuden in Kubikmeter Bruttorauminhalt ( $m^3$  BRI) mit MKZ zu diesen Gebäuden in Tonnen pro Kubikmeter Bruttorauminhalt ( $t/m^3$ ) multipliziert wird. Das Ergebnis sind Gebäudematerialmengen in Tonnen (t).

Ähnlich erfolgt die Materialberechnung für Verkehrswege. Hier werden Quadratmeter ( $m^2$ ) Verkehrswegefäche mit entsprechenden MKZ in Tonnen pro Quadratmeter ( $t/m^2$ ) Verkehrswegefäche multipliziert. Die Ermittlung der Mengen erfolgt geobasisdatenbasiert in Kombination mit statistischen Daten; die notwendigen MKZ sind Gebäude-/Verkehrswegetypenbasiert, in Informationssystemen bzw. Datenbanken bereits vorhanden oder werden neu generiert.



Abbildung 1 Bottom-Up-Ansatz der Erstellung des Materialkatasters

Zur Bestimmung der Materialflüsse künftiger Bestandsentwicklungen werden Dynamikparameter beschrieben, die auf der Auswertung statistischer Daten zur Bautätigkeit und Prognosen zur Einwohner:innenentwicklung beruhen. Für Nichtwohngebäude und Verkehrswege wird aus der Bautätigkeit vergangener Jahre extrapoliert und so eine Prognose der künftigen Bautätigkeit ermöglicht. Im Ergebnis stehen Abschätzungen für Materialflüsse, die potenzielles Angebot und potenzielle Nachfrage an Baumaterialien beschreiben (Abbildung 2). Da die Kalkulationen zu Materialflüssen (Dynamisierung) den Materiallagerrechnungen zum Bestand von Gebäuden und Verkehrswegen adäquat bzw. sehr ähnlich sind, wird in den weiteren differenzierteren Beschreibungen nur noch auf die Bestandsrechnungen eingegangen.



Abbildung 2 Übersicht Vorgehen zur Berechnung der Materialflüsse

## 1.4. Grundlegendes Vorgehen - Gebäude

### 1.4.1. Erstellung des Digitalen Stadtmodells

Ziel ist es, Gebäudepolygone mit Gebäudevolumen und gut differenzierten Gebäudefunktionen bzw. -nutzungen zur Anknüpfung vorhandener MKZ aus dem Informationssystem „Gebaute Umwelt“ und damit zur Bestimmung des Materiallagers in Tonnen (Bestand) zu erhalten.

#### Genutzte Daten

Grundlage des Vorgehens sollten allgemein vorhandene und zugängliche Geobasisdaten sein. Beste Datengrundlage ist das 3D-Gebäudemodell LOD1 („Level-of-Detail 1“, Klötzchenmodell), aus dem über Spezialprogramme der 2D-Gebäudegrundriss mit den verfügbaren Gebäudeattributen Gebäudefunktion, Gebäudegrundfläche, Gebäudehöhe und Gebäudevolumen extrahiert werden muss, um im ArcGIS damit weiterrechnen zu können. Der Vorteil der Nutzung von LOD1-Daten ist, dass die Gebäudefunktion eigentlich direkt am Gebäudepolygon vorhanden ist. Leider ist dies in Sachsen nicht der Fall. Viele Gebäudepolygone (91,2 %), insbesondere alle Wohngebäude, weisen die Gebäudefunktion 9998 („Nach Quellenlage nicht zu spezifizieren“) auf. Aufgrund der unzureichenden Ausweisung der Gebäudefunktion besteht deshalb dringender Qualifizierungsbedarf des LOD1-Datensatzes.

Zur weiteren Qualifizierung wird der Gebäudelayer aus dem Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) genutzt. Dieser spezifiziert die Gebäudefunktion in Sachsen in den vier Ausprägungen „Wohngebäude“ (1000), „Gebäude für Wirtschaft oder Gewerbe (allgemein)“ (2000), „Gebäude für öffentliche Zwecke“ (3000) und 9998 („Nach Quellenangabe nicht zu spezifizieren“). Die Wohngebäude sind jedoch nicht weiter differenziert. Der hier verwendete ALKIS-Gebäudedatensatz wurde von der Stadt Dresden bezogen und ist umfangreicher attributiert als der ALKIS-Gebäudedatensatz, welcher über das OpenData-Portal von GeoSN downloadbar ist. Bezüglich der Gebäudefunktion sind seit kurzem auch die Hausumringe (HU) ähnlich attributiert.

Zur weiteren Differenzierung der Gebäudepolygone, insbesondere der Wohngebäude, können auch sehr detaillierte Strukturtypenkartierungen verwendet werden. In Dresden steht die Erweiterte Blockkarte hierzu zur Verfügung, wobei dabei die differenzierteste Ebene, Ebene 3, genutzt werden sollte.

Ferner braucht es Geometriedaten für innerstädtische administrative Grenzen zur kleinräumigen Endauswertung.

Jedem LOD1-Gebäudepolygon sind typspezifische MKZ aus dem Informationssystem „Gebaute Umwelt“ mit dem Wert  $t/m^3$  BRI pro Baustoffe zuzuordnen. Über die Multiplikation der MKZ mit dem errechneten Volumen des LOD1-Gebäudes ergibt sich für jedes Gebäude ein gebäudespezifisches Materiallager in Abhängigkeit seiner Größe und Höhe.

#### Aufbereitung der Rohdaten

Im Anschluss an die Datenrecherche sind die Rohdaten zu beziehen. Konkret bedeutet das, die Rohdaten für den 3D-Gebäudedatensatz LOD1, den HU-Datensatz, den Datensatz der ALKIS-Gebäude den Datensatz der Erweiterten Blockkarte sowie den Datensatz der innerstädtischen administrativen Grenzen zusammenzutragen. Es ist sinnvoll, alle Datensätze in der gleichen Projektion abzulegen (im Beispielfall „ETRS\_1989\_UTM\_Zone\_33N“).

Für die Erstellung des Materialkatasters wird die Software „ArcGIS Desktop“ genutzt. Im nächsten Schritt muss deshalb die Aufbereitung der 3D-Gebäudedaten erfolgen, um diese im ArcGIS bearbeiten zu können. Hierzu müssen die LOD1-Daten, welche in unserem Fall im „City-GML“-Format vorliegen, (durch Dritte) mittels Spezialsoftware (z. B. „FME“) importiert werden, um einen 2D-Gebäudelayer mit allen Attributen aus dem 3D-Ausgangsdatensatz zu erzeugen.

Name	Änderungsdatum	Typ	Größe
lod1_33400_5654_2_sn.gml	23.06.2021 06:21	GML-Datei	11.195 KB
lod1_33400_5654_2_sn_akt.csv	12.07.2021 10:53	Microsoft Excel-C...	1 KB
lod1_33400_5656_2_sn.gml	23.06.2021 06:22	GML-Datei	2.655 KB
lod1_33400_5656_2_sn_akt.csv	12.07.2021 10:53	Microsoft Excel-C...	1 KB
lod1_33400_5658_2_sn.gml	23.06.2021 06:22	GML-Datei	645 KB
lod1_33400_5658_2_sn_akt.csv	12.07.2021 10:53	Microsoft Excel-C...	1 KB
lod1_33400_5660_2_sn.gml	23.06.2021 06:23	GML-Datei	4.435 KB
lod1_33400_5660_2_sn_akt.csv	12.07.2021 10:53	Microsoft Excel-C...	1 KB
lod1_33402_5654_2_sn.gml	23.06.2021 07:45	GML-Datei	6.953 KB
lod1_33402_5654_2_sn_akt.csv	12.07.2021 10:53	Microsoft Excel-C...	1 KB
lod1_33402_5656_2_sn.gml	23.06.2021 07:48	GML-Datei	1.766 KB
lod1_33402_5656_2_sn_akt.csv	12.07.2021 10:53	Microsoft Excel-C...	1 KB
lod1_33402_5658_2_sn.gml	23.06.2021 07:50	GML-Datei	9.682 KB
lod1_33402_5658_2_sn_akt.csv	12.07.2021 10:53	Microsoft Excel-C...	1 KB
lod1_33402_5660_2_sn.gml	23.06.2021 07:52	GML-Datei	6.228 KB

Abbildung 3 Erstellung des Digitalen Stadtmodells - Aufbereitung der Rohdaten I

Ist das erfolgt, ist der erzeugte 2D-LOD1-Datensatz insbesondere hinsichtlich räumlicher Ausdehnung (Reduzierung auf die administrativen Grenzen) sowie inhaltlicher Probleme zu bereinigen.

Ein Beispiel für Letzteres ist die Eliminierung von Überdachungen, welche keine Gebäude im Sinne der Untersuchung darstellen. Dies erfolgt mittels Selektionen und dem Löschen von Datensätzen.

Im Anschluss ist die sehr umfangreiche Attributtabelle auf das Wesentliche zu reduzieren. Wichtig für die Bearbeitung sind eindeutige Identifikationsnummern (IDs), Angaben zur Gebäudefunktion, zu Fläche, Volumen und ggf. Geschossigkeit. Alle anderen Attributspalten können mit einer Arc-Toolbox unter DataManagement Tools/Fields/DeleteField aus dem Datensatz entfernt werden. Dabei ist zu beachten, dass das Löschen der Attributspalten direkt im Ausgangsdatensatz erfolgt.





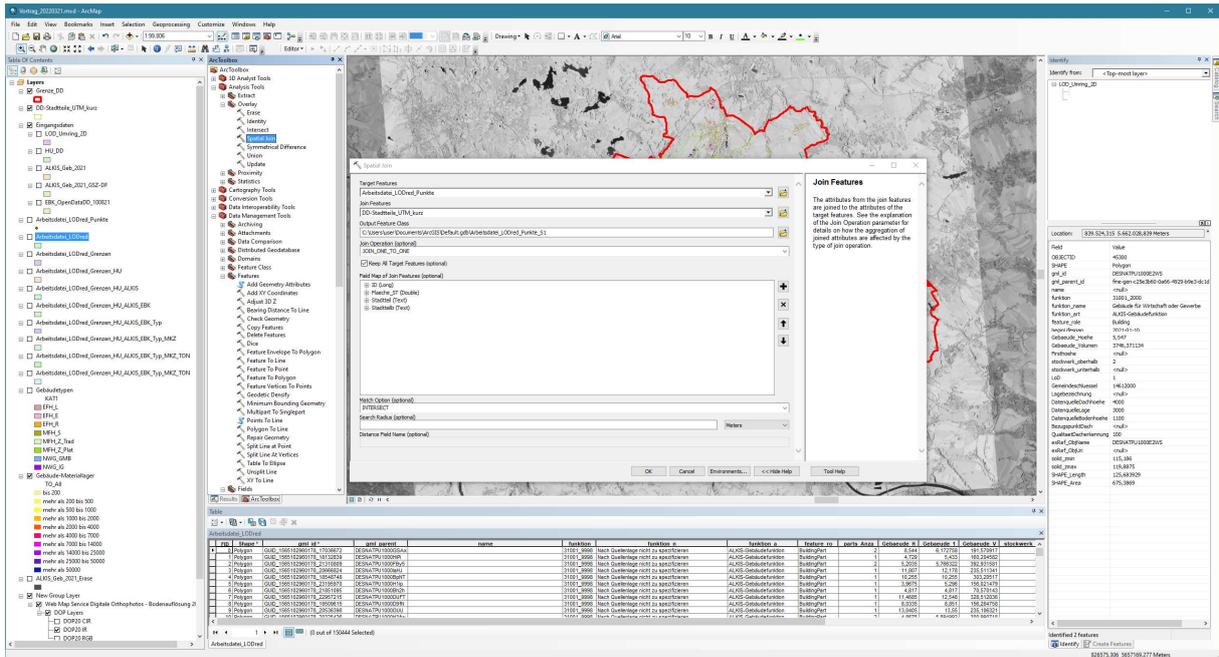


Abbildung 6 Erstellung des Digitalen Stadtmodells – Räumliche Abfrage der Stadtteilgrenzen mittels "SpatialJoin"

Ergebnis der Berechnung ist ein Punktdatensatz, in welchem jedem Datensatzeintrag die Attribute der Attributspalten der beiden Eingangsdatensätze entsprechend ihrer räumlichen Lage zugeordnet sind. Die Tabelle des LOD-Gebäudepolygondatensatz ist um die Spalten zu erweitern, die aus dem abgefragten Datensatz genutzt werden sollen. In unserem Fall wird die Attributtabelle der LOD-Gebäudepolygone um die Spalten Stadtteil und Stadtteil(-bezeichnung) erweitert, wobei diese Spalten als Textfelder entsprechend anzulegen sind (Add Field im Kontextmenü der Tabelle). Anschließend wird an die Tabelle des Gebäudepolygondatensatzes die Tabelle des Ergebnisdatensatzes der räumlichen Abfrage über das eindeutige Schlüsselfeld ID angehängt (Join and Relates im Kontextmenü der Tabelle).

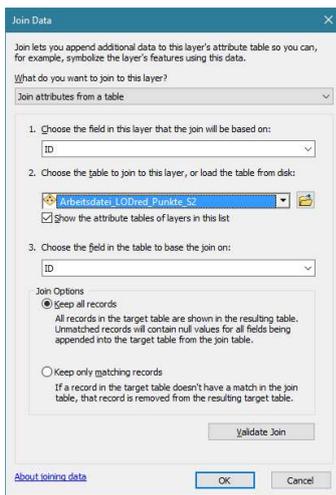


Abbildung 7 Erstellung des Digitalen Stadtmodells – Verknüpfung des Gebäudepolygondatensatzes mit dem Ergebnisdatensatz der räumlichen Abfrage

Die Inhalte der Spalten aus dem Ergebnisdatensatz der räumlichen Abfrage werden in die neu angelegten Spalten mittels Field Calculator übertragen. Die Tabellenverknüpfung kann anschließend wieder gelöst werden.

In analoger Form erfolgt das Vorgehen mit dem Datensatz der Hausumringe und dem ALKIS-Gebäude-Datensatz. Hier sind die Attributspalten mit den Informationen zur Gebäudenutzung („FKT“) von besonderem Interesse. Ferner wird auch mit dem Datensatz der Erweiterten Blockkarte so verfahren.

Im Ergebnis wurde die Attributtabelle des LOD-Gebäudepolygon-Datensatzes mit den Informationen aus Hausumringen, ALKIS, Erweiterter Blockkarte sowie zum Stadtteil, in dem sich das Gebäudepolygon befindet, angereichert.

FeatureID	instra_Area	Gebaeude_A	Gebaeude_V	stockwerk	Sub	instra_Area	instra_Volum	ALKIS_FKT	ALKIS_FKT	Blocknr	Ext	Typ	Typ 2	Typ 3	Strich_Nr	Strichth	Strichth	St	Shape_Leng	Shape_Area
1	4.126	8.1776	163.24652	1	1	260.262	207.002	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	146.700	JA	AL12	Hausnutzung		10	10	10	10	21.721443	28.422125
2	5.202	9.16022	182.41559	1	1	295.452	236.600	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	200.000	JA	AL12	Hausnutzung		11	11	11	11	25.07355	28.422125
3	11.880	18.171	233.11341	1	1	113.001	125.767	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	200.000	JA	AL12	Hausnutzung		12	12	12	12	38.861134	13.248362
4	10.056	15.021	193.26217	1	1	113.001	125.767	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	11.000	JA	AL12	Hausnutzung		13	13	13	13	38.861134	13.248362
5	3.957	5.296	102.02479	1	1	110.002	114.500	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	200.000	JA	AL12	Hausnutzung		14	14	14	14	21.68877	28.422125
6	1.681	2.242	45.62742	1	1	140.001	122.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	140.000	JA	AL12	Hausnutzung		15	15	15	15	14.64424	16.44424
7	1.020	1.361	28.04750	1	1	200.000	150.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	200.000	JA	AL12	Hausnutzung		16	16	16	16	18.888833	17.87371
8	1.045	1.388	28.62623	1	1	200.000	150.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	200.000	JA	AL12	Hausnutzung		17	17	17	17	18.888833	17.87371
9	4.867	5.8892	120.88778	1	1	201.001	202.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	200.000	JA	AL12	Hausnutzung		18	18	18	18	48.237223	13.248362
10	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		19	19	19	19	18.888833	17.87371
11	13.215	14.81	189.89116	1	1	100.002	102.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	200.000	JA	AL12	Hausnutzung		20	20	20	20	48.237223	13.248362
12	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		21	21	21	21	18.888833	17.87371
13	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		22	22	22	22	18.888833	17.87371
14	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		23	23	23	23	18.888833	17.87371
15	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		24	24	24	24	18.888833	17.87371
16	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		25	25	25	25	18.888833	17.87371
17	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		26	26	26	26	18.888833	17.87371
18	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		27	27	27	27	18.888833	17.87371
19	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		28	28	28	28	18.888833	17.87371
20	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		29	29	29	29	18.888833	17.87371
21	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		30	30	30	30	18.888833	17.87371
22	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		31	31	31	31	18.888833	17.87371
23	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		32	32	32	32	18.888833	17.87371
24	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		33	33	33	33	18.888833	17.87371
25	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		34	34	34	34	18.888833	17.87371
26	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		35	35	35	35	18.888833	17.87371
27	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		36	36	36	36	18.888833	17.87371
28	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		37	37	37	37	18.888833	17.87371
29	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		38	38	38	38	18.888833	17.87371
30	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		39	39	39	39	18.888833	17.87371
31	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		40	40	40	40	18.888833	17.87371
32	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		41	41	41	41	18.888833	17.87371
33	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		42	42	42	42	18.888833	17.87371
34	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		43	43	43	43	18.888833	17.87371
35	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		44	44	44	44	18.888833	17.87371
36	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		45	45	45	45	18.888833	17.87371
37	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		46	46	46	46	18.888833	17.87371
38	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		47	47	47	47	18.888833	17.87371
39	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		48	48	48	48	18.888833	17.87371
40	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		49	49	49	49	18.888833	17.87371
41	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		50	50	50	50	18.888833	17.87371
42	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		51	51	51	51	18.888833	17.87371
43	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		52	52	52	52	18.888833	17.87371
44	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		53	53	53	53	18.888833	17.87371
45	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		54	54	54	54	18.888833	17.87371
46	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		55	55	55	55	18.888833	17.87371
47	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		56	56	56	56	18.888833	17.87371
48	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		57	57	57	57	18.888833	17.87371
49	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		58	58	58	58	18.888833	17.87371
50	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		59	59	59	59	18.888833	17.87371
51	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		60	60	60	60	18.888833	17.87371
52	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		61	61	61	61	18.888833	17.87371
53	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		62	62	62	62	18.888833	17.87371
54	1.071	1.414	29.28719	1	1	110.001	100.000	2000	Gebäude für Wohnstift oder Gewerbe	110.000	JA	AL12	Hausnutzung		63					



Materialmenge in t/m³ BRI				169	170	171	172	173	174	183	184
ok	ok	ok	ok	EZFH-länd_DD	EZFH-einz_DD	EZFH-reihe_DD	MFH-Z-trad_DD	MFH-Z-Platte_DD	MFH-sonst_DD	NWG IndGew_DD	NWG Gem_DD
1	Beton	1	Standardbeton	0,080	0,154	0,213	0,096	0,372	0,117	0,182	0,242
2	Beton	2	Leichtbeton	0,000	0,000	0,000	0,001	0,006	0,000	0,000	0,001
3	Ziegel	3	Ziegelsteine	0,085	0,094	0,039	0,168	0,000	0,132	0,013	0,034
5	Ziegel	5	Ziegeldeckung	0,078	0,091	0,039	0,166	0,000	0,129	0,012	0,033
6	Asbest	6	Asbestzementplatten	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4	sonstiges Mineralisches	4	sonstiges Mineralisches	0,204	0,166	0,118	0,140	0,049	0,169	0,155	0,159
8	sonstiges Mineralisches	8	kalkhaltige Putze, Mörtel	0,062	0,051	0,024	0,073	0,000	0,054	0,006	0,015
9	sonstiges Mineralisches	9	gips-/anhydrithaltige Putze, Mörtel	0,008	0,013	0,012	0,015	0,000	0,014	0,000	0,000
12	sonstiges Mineralisches	12	kalkhaltige Estriche	0,012	0,022	0,019	0,016	0,033	0,020	0,019	0,035
13	sonstiges Mineralisches	13	gips-/anhydrithaltige Estriche	0,001	0,003	0,008	0,003	0,000	0,001	0,001	0,003
15	sonstiges Mineralisches	15	Estriche mit synthetischen Anteil	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,005
16	sonstiges Mineralisches	16	Kalksandsteine	0,000	0,030	0,009	0,000	0,000	0,021	0,005	0,040
17	sonstiges Mineralisches	17	Porenbetonsteine	0,003	0,005	0,014	0,000	0,000	0,007	0,004	0,003
18	sonstiges Mineralisches	18	Betonsteine	0,001	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20	sonstiges Mineralisches	20	Gips-/Gipskartonplatten	0,001	0,002	0,004	0,000	0,000	0,001	0,001	0,003
21	sonstiges Mineralisches	21	mineralische Bauplatten	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
22	sonstiges Mineralisches	22	mineralische Wärmedämmstoffe	0,002	0,004	0,004	0,002	0,001	0,002	0,001	0,003
23	sonstiges Mineralisches	23	Betondachsteindeckung	0,001	0,002	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
25	sonstiges Mineralisches	25	Schieferdeckung	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
27	sonstiges Mineralisches	27	mineralische Schüttungen	0,042	0,028	0,019	0,025	0,014	0,040	0,112	0,050
28	sonstiges Mineralisches	28	Glas	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
29	sonstiges Mineralisches	29	Natursteine	0,071	0,000	0,000	0,005	0,000	0,008	0,002	0,001
30	sonstiges Mineralisches	30	sonstige mineralische Baustoffe	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
31	5	Schnittholz/ verarbeitetes Holz	0,020	0,012	0,008	0,003	0,001	0,009	0,002	0,007	
32	6	sonstiges Nachwachsendes	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
33	7	Kunststoffe	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	
34	8	Bitumenhaltiges	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	
35	9+10	Metalle	0,007	0,013	0,018	0,014	0,041	0,013	0,025	0,027	
	9	Eisenmetalle	0,007	0,013	0,018	0,014	0,041	0,013	0,024	0,026	
	10	Nichteisenmetalle	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	
	Summe			0,397	0,440	0,397	0,422	0,464	0,440	0,377	0,470

Abbildung 10 Erstellung des Digitalen Stadtmodells - Materialkennzahlen der differenzierten Gebäudekategorien

Es werden zehn Materialhauptkategorien und entsprechende Materialunterkategorien unterschieden. Es gibt insgesamt 44 Materialgruppen. Im Beispielfall mit den genannten acht Gebäudekategorien sind 33 Materialgruppen relevant. Diese Tabelle muss im Microsoft-Excel dahingehend aufbereitet werden, dass sie im GIS an die Attributtabelle des LOD-Gebäudepolygon Datensatzes gekoppelt werden kann. Das bedeutet insbesondere ein Transponieren der Tabelle, so dass die Gebäudekategorien zu Zeilenköpfen werden, sowie eine erhebliche Vereinfachung der Materialbezeichnungen. Die Tabelle muss ferner frei von speziellen Formatierungen sein. Die Gebäudekategorie als Zeilenkopf dient als Schlüsselfeld zur Tabellenverknüpfung und muss exakt identisch geschrieben sein, wie die Einträge in der Attributspalte der Gebäudekategorie im LOD-Gebäudepolygon Datensatz.

Abbildung 11 Erstellung des Digitalen Stadtmodells - Aufbereitung der Materialkennzahlen zur Kopplung an die Attributtabelle des LOD-Gebäudepolygon Datensatzes

Diese Tabelle wird in das ArcGIS geladen und mittels oben beschriebener Tabellenverknüpfung über „Join and Relates“ im Kontextmenü die Tabelle des LOD-Gebäudepolygon Datensatzes angeknüpft. Durch Abspeichern des Datensatzes als neues Shape-File werden die angeknüpften Attributspalten fest in das bisherige LOD-Gebäudepolygon-Shape integriert. Es wäre möglich, die Tabellenverknüpfung durch das Join aufrechtzuerhalten und die folgenden Berechnungen damit durchzuführen.

Dies ist jedoch angesichts der Größe der Attributtabelle, der Anzahl der Polygon Datensätze und daraus möglicherweise resultierenden Performanceproblemen nicht zu empfehlen.

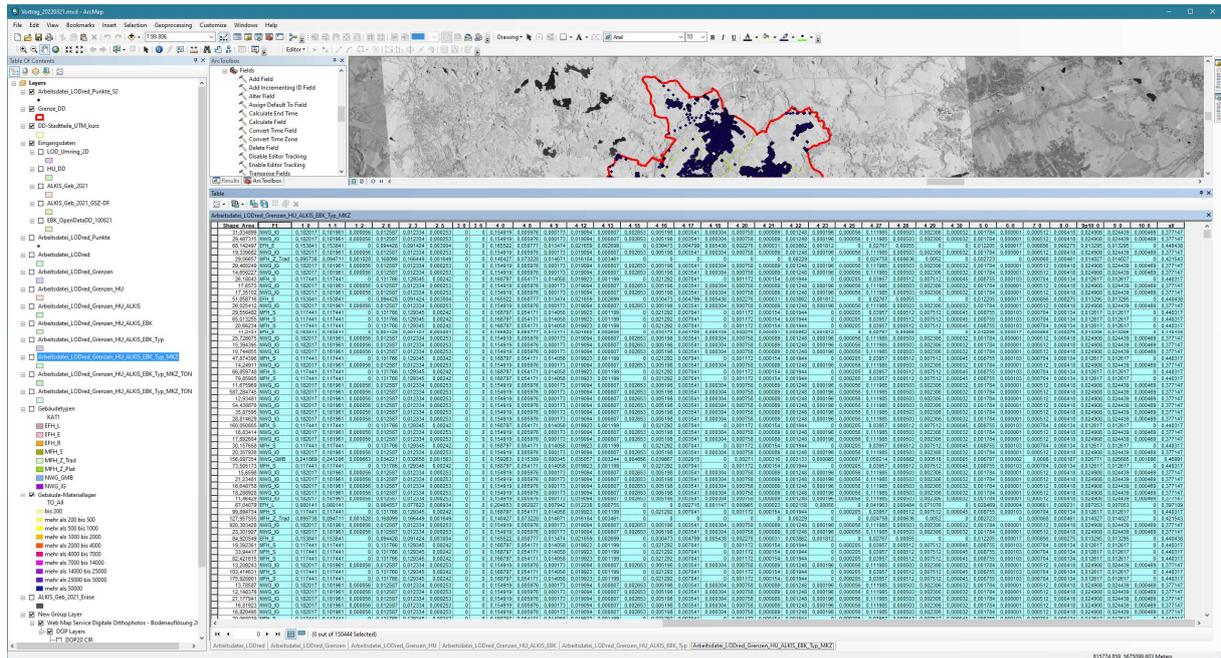


Abbildung 12 Erstellung des Digitalen Stadtmodells - Verknüpfung der MKZ-Tabelle mit LOD-Gebäudepolygonshape mittels „Join and Relates“

Die MKZ werden, wie bereits erwähnt, in t/m<sup>3</sup> angegeben. Zur Berechnung des Materiallagers ist es notwendig, diese MKZ mit dem Gebäudevolumen zu multiplizieren. Um das Ergebnis in die Tabelle zu schreiben, ist eine neue Attributspalte anzulegen. Das muss für alle Materialgruppen erfolgen. Im Ergebnis wird für jedes Gebäudepolygon das Materiallager in t ausgewiesen.

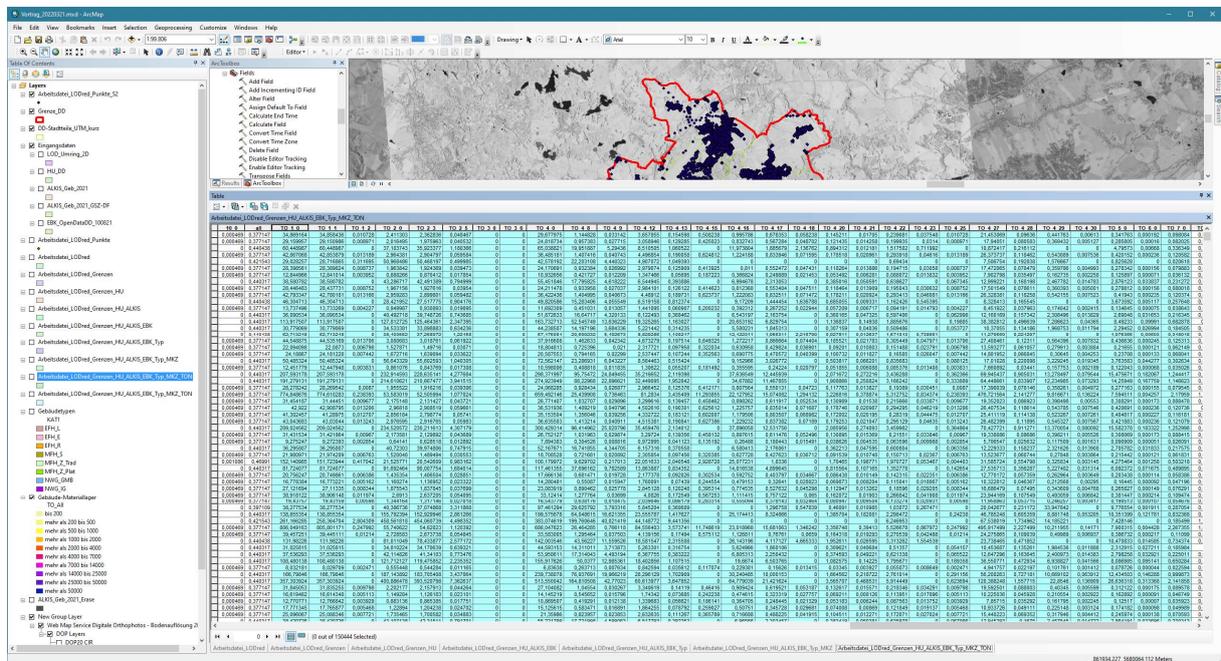


Abbildung 13 Erstellung des Digitalen Stadtmodells - Berechnung des Materiallagers in Attributtabelle des LOD-Gebäudepolygonshapes

Zur besseren Lesbarkeit der Attributtabelle können für die Spaltenköpfe auch Aliasnamen vergeben werden.

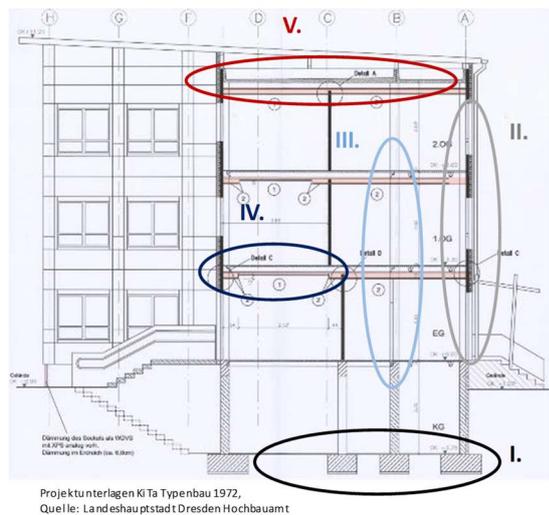
#### Darstellung des Materiallagers für Gebäude in Dresden

Aufbereitet im Layout lässt sich das Materiallager der Stadt Dresden für unterschiedliche Materialgruppen in Karten darstellen. Es sind zusätzlich statistische Auswertungen für die Gesamtstadt und teilstädtische Bereiche durch Tabellenfunktionalitäten möglich.

Optional kann anschließend ein Differenzdatensatz aus LOD1-Daten und dem aktuelleren ALKIS-Datensatz erzeugt werden. So können neuere Gebäude, die in den LOD1-Daten noch nicht enthalten sind, dargestellt werden. Das Volumen dieser Gebäude kann dann durch Multiplikation mit Werten aus der Attributtabelle des ALKIS-Datensatzes berechnet werden.

#### 1.4.2. Materialkennzahlen

Zur Ermittlung von MKZ werden für charakteristische Gebäude auf Grundlage von Bauprojektunterlagen (Grundrisse, Schnitte, Detailzeichnungen, Baubeschreibungen etc.) detaillierte Materialanalysen durchgeführt. Dazu werden auf Bauteilebene für die Gründung, die Außen- und Innenwände, die Decken sowie das Dach konkrete Konstruktionsvarianten in ihrem Aufbau ermittelt und bezüglich ihrer Materialinhalte bestimmt. Das erfolgt jeweils durch Kombination von Schichtdicke mit Materialdichte und Bauteilfläche (Abbildung 14). Die Ergebniswerte sind Daten zu Art und Menge der verbauten Materialien im Gebäude.



#### Materialität auf Bauteilebene

- I. Gründung
- II. Außenwand
- III. Innenwand
- IV. Decke
- V. Dach

$$\text{Dicke [m]} \times \text{Dichte [kg/m}^3\text{]} \times \text{Bauteilfläche [m}^2\text{]} = \text{Material [kg]}$$

Abbildung 14 Materialanalyse von Gebäuden – schematische Darstellung des methodischen Vorgehens

Die MKZ werden auf der Ebene von Gebäudetypen gebildet. Dazu fließen geeignete Gebäude als Typenvertreter (Repräsentanten) mit den notwendigen Parametern (Flächen, Volumen, Materialien) in die Typenbildung ein. Das Informationssystem Gebaute Umwelt des IÖR hält MKZ für unterschiedliche Gebäude (Bezug: Deutschland) bereit. Über die Einstiegsseite (<https://ioer-isbe.de/>) können Bauwerksdaten für Wohngebäude und Nichtwohngebäude abgerufen werden. Bei den Wohngebäuden wird zwischen baualtersklassenbezogenen Ein/Zwei- sowie Mehrfamilienhäuser unterschieden; bei den Nichtwohngebäuden nach unterschiedlichen Nutzungsarten. Man kann sich je nach Bedarf einen Gebäudetyp herausuchen und den dazugehörigen Gebäudesteckbrief anzeigen lassen. Dieser enthält alle wichtigen Informationen und Daten zu Flächen, Volumen und Materialien sowie verschiedenen MKZ (t/m<sup>3</sup> BRI, t/m<sup>2</sup> Nutzfläche etc.) und kann als Excel-Tabelle frei heruntergeladen werden (Abbildung 15).

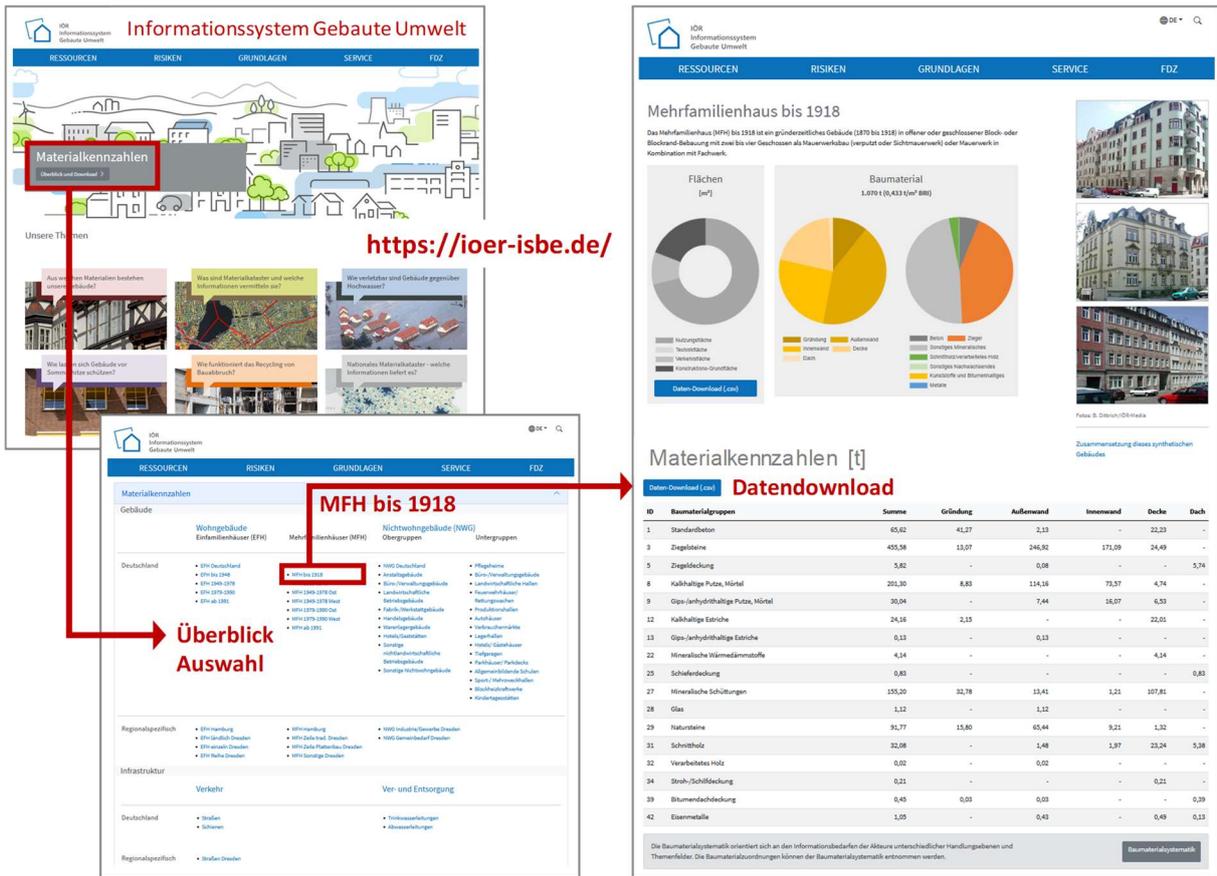


Abbildung 15 Informationssystem Gebaute Umwelt – schematische Darstellung des Auswahlprozesses (Gebäude) bis zum Datendownload

Die MKZ der Gebäude basieren auf dem Prinzip der „Durchgängigkeit“. Das bedeutet, die Systematik der ausgewiesenen Baumaterialien – wir unterscheiden 44 verschiedene Baumaterialgruppen – ist so gewählt, dass unterschiedliche Umweltdimensionen abgebildet werden. So sind Verknüpfungen der einzelnen Baumaterialien mit Rohstoffen (Rohstoffsicherung), Abfallkategorien (Abfallmanagement), Sekundärmaterialien (Recycling) sowie materialindizierten Emissionen (Klimaschutz) möglich. Die notwendigen Schnittstellen werden über Rezepturen, Zuordnungsregeln und Ökobilanzdaten hergestellt.

Für die Materialkatalogberechnung der Fallbeispielstadt Dresden war die Nutzung der im Informationssystem Gebaute Umwelt ausgewiesenen baualtersklassenbezogenen MKZ nicht möglich, da bei der geobasisdatenbasierten Mengenermittlung eine Differenzierung der Wohnbebauung nach Baualter aufgrund der Datenlage nicht möglich war. Es konnten nur die Mengen von Gebäuden ermittelt werden, die typische Bebauungsstrukturen (z. B. ländliche Einfamilienhausgebiete) bilden. Für sie wurden MKZ neu generiert.

Die MKZ wurden in einem iterativen Prozess zwischen GIS-Datenauswertung (LoD1-Daten in Kombination mit AKTKIS/ALKIS) und statistischen Angaben zum Dresdener Gebäudebestand (Landeshauptstadt Dresden, Kommunale Statistikstelle, „Bauen und Wohnen 2020“) ermittelt. Die folgenden Gebäudetypen wurden definiert:

Tabelle 1 Definierte Gebäudetypen für Dresdner Wohn- und Nichtwohngebäude

<b>Wohngebäude WG</b>	Ein- und Zweifamilienhäuser EFH	E/ZFH Ländlich
		E/ZFH einzeln
		E/ZFH in Reihe
	Mehrfamilienhäuser MFH	MFH Zeile traditionell
		MFH Zeile Platte
MFH sonstige		
<b>Nichtwohngebäude NWG</b>	Industrie und Gewerbe	Landwirtschaftliche Betriebsgebäude Fabrik-/Werkstattgebäude Handelsgebäude Warenlagergebäude Hotels/Gaststätten Sonst. nichtlandwirtschaftliche Betriebsgebäude
	Gemeinbedarf	Anstaltsgebäude Büro-/Verwaltungsgebäude Sonst. Nichtwohngebäude

Die MKZ dieser Gebäudetypen zeigt zusammenfassend Abbildung 16; in detaillierterer Form sind die berechneten Gebäudetypenparameter (Flächen, Volumen, Material) in Steckbriefen im II. Anhang dokumentiert.

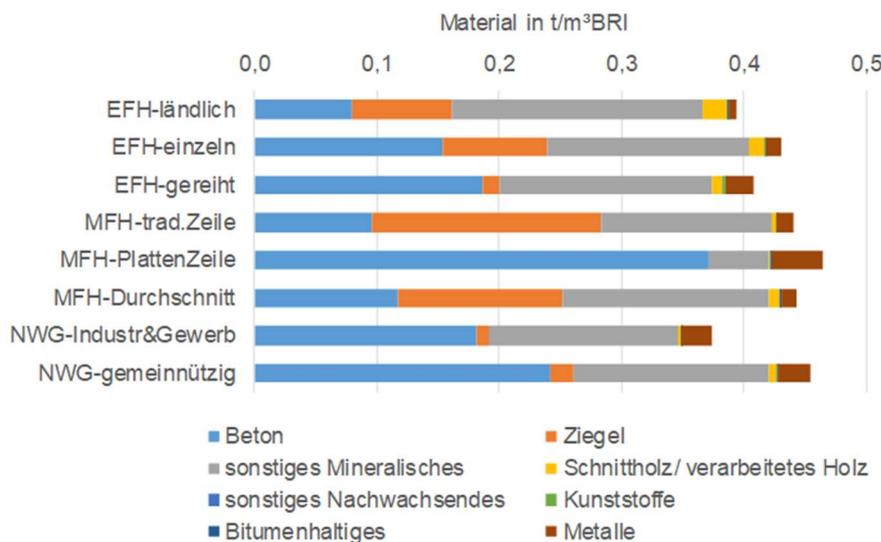


Abbildung 16 MKZ der definierten Wohn- und Nichtwohngebäude in t/m³BRI

Die für Dresden generierten MKZ werden in die Rechnungen zum Materialkataster integriert und in das Informationssystem Gebaute Umwelt eingepflegt. Dort sind sie neben den deutschlandbezogenen MKZ als fallbeispiel- bzw. regionsspezifische Kennzahlen frei verfügbar und können heruntergeladen werden.

### 1.4.3. Materialkataster – Gebäude

Das digitale Materialkataster von Dresden wird auf der Ebene von Gebäudepolygonen ermittelt und lässt sich auf verschiedenen Aggregationsebenen zusammenfassen (Block, Quartier, Stadtteil, Stadtbezirk, Gesamtstadt). Der Vorteil der geodatenbasierten Materialkataster-Ermittlung ist die mögliche, sehr kleinräumige Differenzierung. So werden regionale Unterschiede – z. B. von Gebieten mit dichter gemeinnütziger Bebauung im Stadtzentrum gegenüber Stadtrandbereichen mit lockerer

Einfamilienhausbebauung – klar deutlich. Zu beachten ist, dass Auswertungen auf Gebäude- und teilweise auch Blockebene nicht sinnvoll sind. Der verwendete Gebäudetypensatz setzt hier Grenzen, da die verwendeten Gebäudetypen den vor Ort vorhandenen Gebäuden nicht exakt entsprechen. Vielmehr werden die Materialinhalte des jeweiligen Gebäudetyps widerspiegelt. Dies muss stets beachtet werden.

Die Ergebnisse der GIS-Analyse zeigen, wieviel m<sup>3</sup> Rauminhalt die Gebäude in Dresden haben. Dabei sind Unterteilungen nach den Typen E/ZFH-ländlich, E/ZFH-einzeln, E/ZFH-in Reihe, MFH-Durchschnitt oder Zeilen, MFH-Zeile-traditionell, MFH-Plattenbauzeile, Nichtwohngebäude (NWG) Industrie/Gewerbe sowie NWG Gemeinbedarf möglich/vorhanden.

Zunächst werden aus <https://ioer-isbe.de/> MKZ recherchiert, die den Materialgehalt in t Material pro m<sup>3</sup> Bruttorauminhalt angeben. Hier sind Differenzierungen nach 44 Baumaterialgruppen möglich. Je nach Anwendung und Fragestellung kann die Differenzierung angepasst werden. So kann der Fokus z. B. auf Material insgesamt, nur Beton, nur Holz oder allen 44 Baumaterialgruppen liegen.

Pro Gebäudetyp werden nun die Mengen in m<sup>3</sup> BRI mit den MKZ in t/m<sup>3</sup>BRI multipliziert und zusammengefasst. Das Ergebnis sind Materialien in Tonnen insgesamt (für die Stadt).

$$ML = \sum_{i=1}^n MM_i \times MKZ_i$$

Mit:  $MM_i$  Materialmenge Gebäudetyp in m<sup>3</sup>RI  
 $MKZ_i$  Materialkennzahl Gebäudetyp in t/m<sup>3</sup>RI  
 $ML$  Materiallager gesamt in t  
 $n$  Anzahl der Gebäudetypen

Die Materialmengen werden im GIS in Karten dargestellt und damit verräumlicht. Sie stellen das Materialkataster der Stadt dar, das zeigt, wieviel Material in jedem einzelnen Gebäudepolygon „steckt“ bzw. verbaut ist.

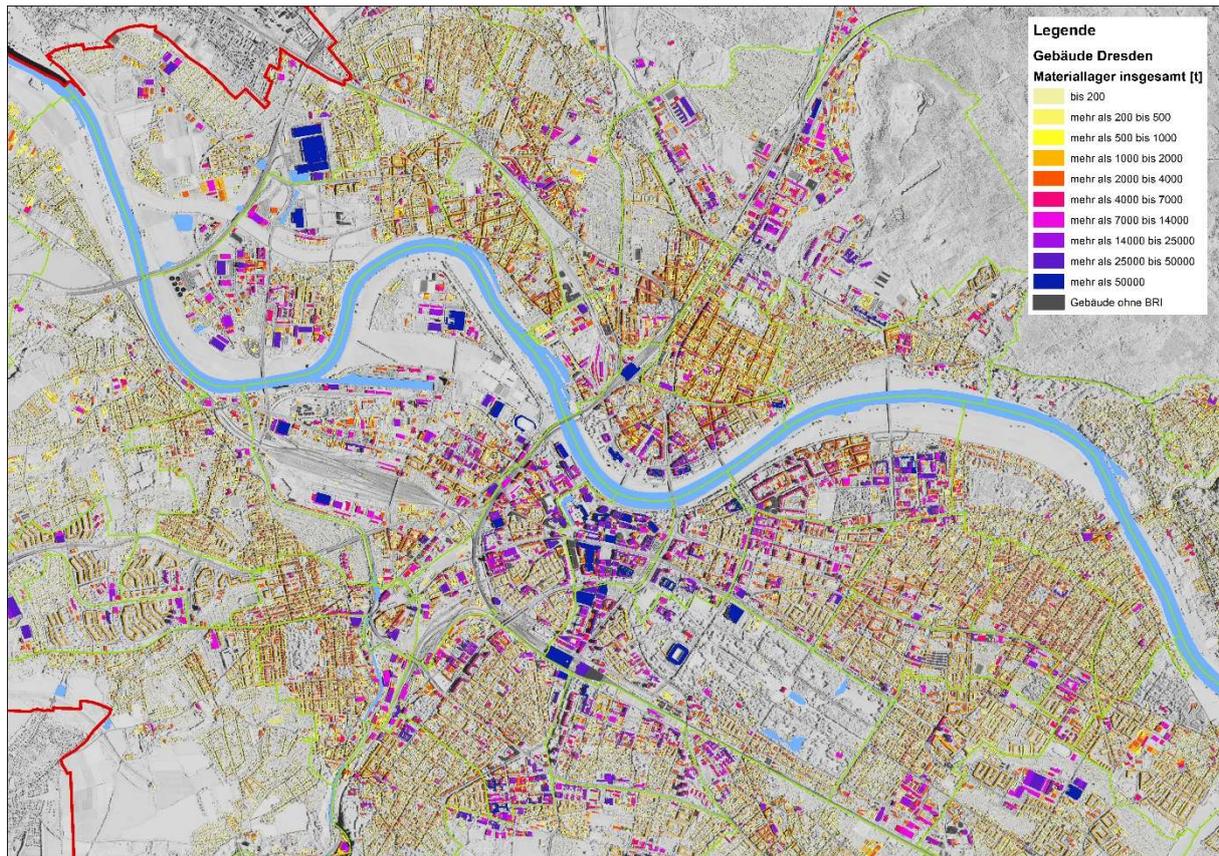


Abbildung 17 Materialkaster des Dresdner Gebäudebestandes

## 1.5. Grundlegendes Vorgehen - Verkehrswege

### 1.5.1. Erstellung des digitalen Stadtmodells

#### Aufbereitung der Rohdaten

Für die Erstellung eines Materialkasters der Verkehrswege Dresdens eignen sich grundsätzlich mehrere Datensätze, welche in der Stadtverwaltung Dresden vorliegen. In der Regel wird das Verkehrsnetz linienhaft mit Kanten und Knoten erfasst, wobei alle Verkehrswegeabschnitte eindeutige Schlüssel besitzen. Zu nennen sind hier Datensätze des Straßenknotennetzes („SKN“, „ESKN“) in unterschiedlichen Erfassungsmaßstäben. Zu jedem Verkehrswegeabschnitt gibt es eine Vielzahl von Attributen, die in Dresden u. a. in der Straßendatenbank („STRAGIS“) des Dresdner Straßen- und Tiefbauamtes gespeichert sind. Über den Schlüssel des Verkehrswegeabschnitts ist die Verräumlichung dieser Attribute möglich.

In der vorliegenden Untersuchung wurden im September 2021 linienhafte Datensätze zum Netz der öffentlich gewidmeten Verkehrswege sowie Datensätze zu den Deckschichten von Fahrbahnen, Gehwegen, Radwegen, Seitenstreifen, Böschungen und Entwässerungsgräben als WFS-Dienst durch die Stadt Dresden zur Verfügung gestellt und mittels GIS-Funktionalität in shape-Files abgelegt (Projektion: „EPSG:25833 - ETRS89 / UTM zone 33N“). Die Datensätze zu den Deckschichten sind dabei einzeln gespeichert und nicht redundanzfrei. Beispielsweise gibt es einen Verkehrswegeabschnitt eines kombinierten Rad- und Fußweges sowohl im Datensatz der Deckschichten der Radwege als auch im Datensatz der Gehwege mit den exakt gleichen Attributwerten.

Der linienhafte Datensatz der öffentlich gewidmeten Verkehrswege enthält neben dem Schlüssel des Verkehrswegeabschnittes, die Widmung des Verkehrswegs verschlüsselt und im Klartext.

Zusätzlich zu den linienhaften Datensätzen wurde auch ein flächenhaft modellierter Datensatz der öffentlich gewidmeten Verkehrswege als WFS-Dienst zur Verfügung gestellt und konnte ebenfalls in ein shape-File gewandelt werden. Dieser enthält in der Attributtabelle den Schlüssel des Verkehrswegeabschnittes, die Widmung des Verkehrswegs (verschlüsselt und im Klartext) sowie die Fläche des Verkehrswegeabschnittes.

#### Widmungen/Kategorien

Dabei werden insbesondere die folgenden Widmungen unterschieden:

- Autobahnen, Autobahnauffahrt: sind Bundesfernstraßen, die nur für den Schnellverkehr mit Kraftfahrzeugen bestimmt sind.
- Bundesstraßen: sind Straßen, die ein zusammenhängendes Verkehrsnetz bilden und einem weiträumigen Verkehr dienen (gemäß FStrG).
- Staatsstraßen: sind Straßen, die innerhalb des Freistaates Sachsen untereinander oder zusammen mit Bundesfernstraßen ein Verkehrsnetz bilden und dem überörtlichen Durchgangsverkehr dienen.
- Kreisstraßen: sind Straßen zwischen benachbarten Landkreisen und Kreisfreien Städten, die überwiegend dem überörtlichen Durchgangsverkehr dienen.
- Sonstige Hauptverkehrsstraßen: sind Straßen, die nach dem Sächsischen Straßengesetz als Gemeindestraßen klassifiziert sind und überwiegend dem überörtlichen Durchgangsverkehr dienen.
- Übrige Straßen: sind Straßen, die nach dem Sächsischen Straßengesetz als Gemeindestraßen klassifiziert sind und die überwiegend dem innerörtlichen Durchgangsverkehr und dem Anliegerverkehr dienen.
- Beschränkt öffentliche Wege und Plätze: sind Straßen und Plätze, die einem beschränkt öffentlichen Verkehr dienen wie z.B. Geh- und Radwege.
- Öffentliche Feld- und Waldwege: sind Straßen, die überwiegend der Bewirtschaftung von Feld- und Waldgrundstücken dienen.

Der Datensatz der flächenhaft modellierten, öffentlich gewidmeten Verkehrswege bildet in dieser Untersuchung die Grundlage für die Berechnung des Materialkatasters der Verkehrswege Dresdens.

#### 1.5.2. Materialkennzahlen

Die im Datensatz aufgeführten Widmungen wurden mit den Verkehrswegekategorien aus dem „Informationssystem Gebaute Umwelt“ abgeglichen, um die dort abgelegten MKZ nutzen zu können. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Zuordnung der Kategorien aus dem Informationssystem Gebaute Umwelt zu den aufgeführten Widmungen im GIS-Datensatz.

Tabelle 2 Zuordnung der Kategorien aus dem Informationssystem Gebaute Umwelt zu Widmungen aus dem GIS-Datensatz

Straßenkategorie Informationssystem GU	Verkehrswegekategorie GIS
<b>BAB</b>	Autobahn; Autobahnauffahrt
<b>BS</b>	Bundesstraße
<b>LS</b>	Sonstige Hauptverkehrsstraße; Staatsstraße
<b>KS</b>	Kreisstraße
<b>GS</b>	Übrige Straße; Parkplatz, beschränkt öffentlich
<b>WW</b>	Beschränkt öffentlicher Weg (befestigt), Eigentümerweg (kann befestigt sein)
<b>FWW</b>	Öffentlicher Feld- und Waldweg
<b>GW</b>	Gehweg

Zur Ermittlung von MKZ für die Straßenkategorien BAB-Bundesautobahn, BS-Bundesstraße, LS-Landesstraße, KS-Kreisstraße und GS-Gemeindestraße wurde auf Steger et al. 2011 zurückgegriffen. Die MKZ dieser Verkehrswege sind, wie die zu Gebäuden, im Informationssystem Gebaute Umwelt abrufbar (vgl. Abbildung 15). Darüber hinaus werden entsprechend der GIS-basierten Mengenermittlung MKZ für WW-Wirtschaftswege, FWW-Feld- und Waldwege sowie GW-Gehwege benötigt. Diese wurden auf Basis der Arbeiten von Mahabadi 1996 vom IÖR berechnet und sind gleichfalls in das Informationssystem Gebaute Umwelt eingepflegt. Abbildung 18 zeigt die MKZ aller Verkehrswegekategorien in der Zusammenschau.

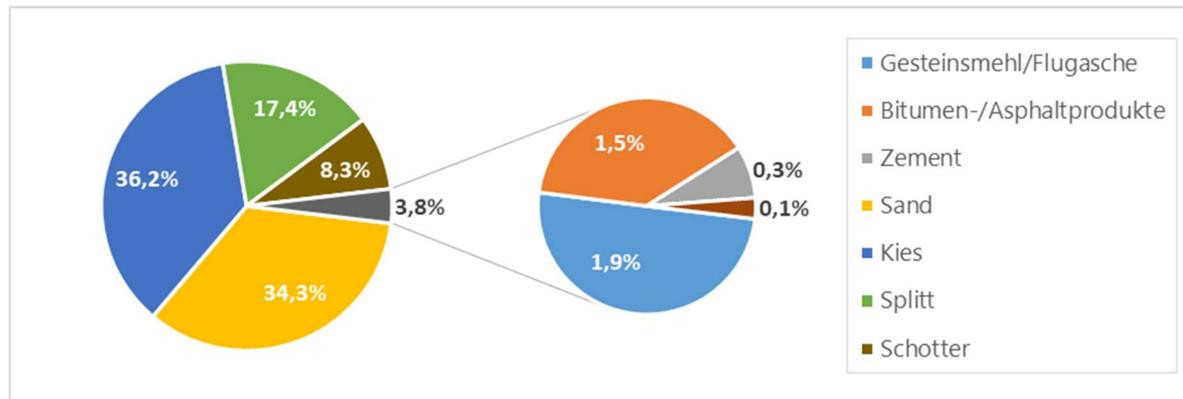


Abbildung 18 Materialzusammensetzung der Verkehrswege Dresdens

### 1.5.3. Materialkataster – Verkehrswege

In der Folge wurde die Attributtabelle des GIS-Datensatzes um eine Attributspalte ergänzt, in welcher jedem Verkehrswegeabschnitt in Abhängigkeit seiner Widmung die Verkehrswegekategorie aus dem Informationssystem Gebaute Umwelt zugeordnet wurde.

Über dieses Attributfeld konnten die im Excel aufbereiteten MKZ der Verkehrswegekategorien im ArcGIS mittels Table-Join-Funktionalität an die Verkehrswegeabschnitte des GIS-Datensatzes angeknüpft werden.

Tabelle 3 Materialkennzahlen der Verkehrswegekategorien

MKZ in t/qm	GST-Mehl	Bitumen	Zement	Sand	Kies	Splitt	Schotter	Naturstein	Total
<b>BAB</b>	0,0533	0,0198	0,0452	0,5900	0,6475	0,4450	0,0000	0,0000	1,8008
<b>BS</b>	0,0575	0,0298	0,0000	0,6044	0,6050	0,4953	0,0000	0,0000	1,7920
<b>LS</b>	0,0384	0,0258	0,0000	0,5998	0,6413	0,4058	0,0685	0,0000	1,7796
<b>KS</b>	0,0384	0,0258	0,0000	0,5458	0,5753	0,4058	0,0685	0,0000	1,6596
<b>GS</b>	0,0233	0,0135	0,0023	0,5792	0,5113	0,1937	0,2192	0,0000	1,5425
<b>WW</b>	0,0011	0,1394	0,0069	0,0149	0,7964	0,0218	0,0000	0,0426	1,0231
<b>FWW</b>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,6350	0,0000	0,0000	0,0000	0,6350
<b>GW</b>	0,0016	0,0000	0,0107	0,0459	0,3665	0,0192	0,0000	0,0624	0,5063

Nach Erweiterung der Attributtabelle um die entsprechenden Felder wurden für jeden Verkehrswegeabschnitt das Materiallager insgesamt sowie in den Baumaterialien Gesteinsmehl/Flugasche, Bitumen/Asphaltprodukte, Zement, Sand, Kies, Splitt, Schotter und Natursteine durch die Multiplikation Fläche [m<sup>2</sup>] mal MKZ [t/m<sup>2</sup>] ermittelt.

Die nachfolgende Karte zeigt das auf diese Weise ermittelte Materiallager der Verkehrswege Dresdens:

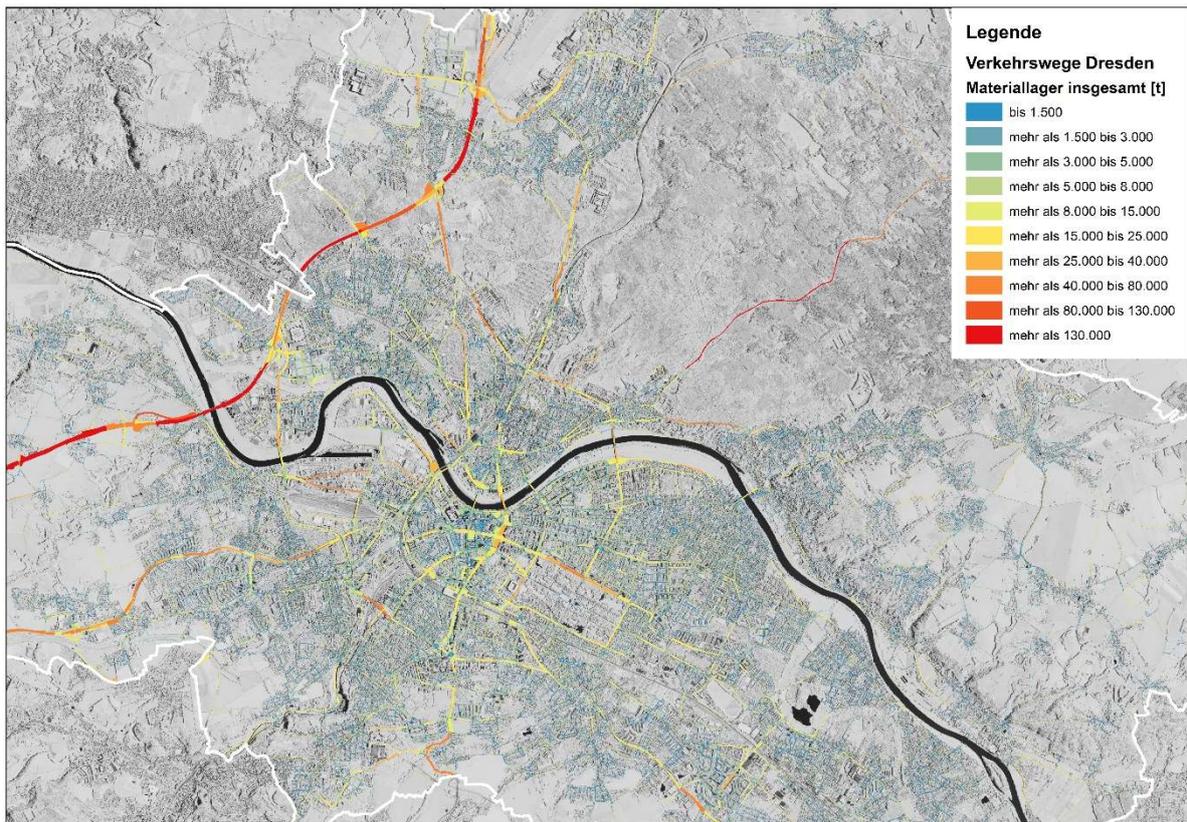


Abbildung 19 Materiallager der Verkehrswege Dresdens

## 1.6. Schritt für Schritt zur Erstellung des 3D-Stadtmodells

### 1.6.1. Zielstellung

Gebäudepolygone mit Gebäudevolumen und gut differenzierten Gebädefunktionen bzw. -nutzungen zur Anknüpfung vorhandener MKZ aus der Bauwerksdatenbank und damit zur Bestimmung des Materialbestandlagers in Tonnen. Erstellung eines Modells der Verkehrswege Dresdens mit Verknüpfung zu ihrer Widmung zur Anknüpfung von MKZ.

### 1.6.2. Gebäude

#### Datengrundlage

- 3D-Gebäudemodell LOD1 (Klötzchenmodell)
  - enthaltene Informationen:
    - Gebädefunktion (unzureichend ausgefüllt)
    - Gebäudegrundfläche
    - Gebäudehöhe
    - Gebäudevolumen
  - Quelle: <https://www.geodaten.sachsen.de/downloadbereich-digitale-3d-stadtmodelle-4875.html>
- Gebäudelayer aus ALKIS
  - enthaltene Informationen:
    - Gebädefunktion in Sachsen in vier Ausprägungen Wohngebäude (1000), Gebäude für Wirtschaft oder Gewerbe (allgemein) (2000), Gebäude für öffentliche Zwecke (3000) und 9998 (Nach Quellenangabe nicht zu spezifizieren).
    - Wohngebäude nicht weiter differenziert
    - Hausumringe
  - Quelle: <https://www.geodaten.sachsen.de/batch-download-4719.html>
- Erweiterte Blockkarte (differenzierteste Ebene, Ebene 3)
  - Ermöglicht weitere Differenzierung der Gebäudepolygone
  - Quelle: [https://geoportal.sachsen.de/cps/metadaten\\_portal.html?id=06e99d84-d7c2-4635-9688-c61340ead8e8](https://geoportal.sachsen.de/cps/metadaten_portal.html?id=06e99d84-d7c2-4635-9688-c61340ead8e8)
- Alternativ können zur weiteren Differenzierung der Gebäudepolygone auch sehr detaillierte Strukturtypenkartierungen verwendet werden
- Geometriedaten für innerstädtische administrative Grenzen zur kleinräumigen Endauswertung
  - Quelle: Infodienst "GeoDaten Dresden", Zugang über „cardo4“

#### Datenaufbereitung

- Aufbereitung der 3D-Gebäudedaten zur Bearbeitung in „ArcGIS Desktop“ durch Import der LOD1-CityGML-Daten (durch Dritte) mittels Spezialsoftware (z. B. FME), zur Erzeugung eines 2D-Gebäudelayers mit allen Attributen aus dem 3D-Ausgangsdatensatz
- Ablegen aller Datensätze in gleicher Projektion (z. B. ETRS\_1989\_UTM\_Zone\_33N)

Name	Änderungsdatum	Typ	Größe
lod1_33400_5654_2_sn.gml	23.06.2021 06:21	GML-Datei	11.195 KB
lod1_33400_5654_2_sn_akt.csv	12.07.2021 10:53	Microsoft Excel-C...	1 KB
lod1_33400_5656_2_sn.gml	23.06.2021 06:22	GML-Datei	2.655 KB
lod1_33400_5656_2_sn_akt.csv	12.07.2021 10:53	Microsoft Excel-C...	1 KB
lod1_33400_5658_2_sn.gml	23.06.2021 06:22	GML-Datei	645 KB
lod1_33400_5658_2_sn_akt.csv	12.07.2021 10:53	Microsoft Excel-C...	1 KB
lod1_33400_5660_2_sn.gml	23.06.2021 06:23	GML-Datei	4.435 KB
lod1_33400_5660_2_sn_akt.csv	12.07.2021 10:53	Microsoft Excel-C...	1 KB
lod1_33402_5654_2_sn.gml	23.06.2021 07:45	GML-Datei	6.953 KB
lod1_33402_5654_2_sn_akt.csv	12.07.2021 10:53	Microsoft Excel-C...	1 KB
lod1_33402_5656_2_sn.gml	23.06.2021 07:48	GML-Datei	1.766 KB
lod1_33402_5656_2_sn_akt.csv	12.07.2021 10:53	Microsoft Excel-C...	1 KB
lod1_33402_5658_2_sn.gml	23.06.2021 07:50	GML-Datei	9.682 KB
lod1_33402_5658_2_sn_akt.csv	12.07.2021 10:53	Microsoft Excel-C...	1 KB
lod1_33402_5660_2_sn.gml	23.06.2021 07:53	GML-Datei	0.230 KB

Abbildung 20 Erstellung des Digitalen Stadtmodells - Aufbereitung der Rohdaten I

- Bereinigung des erzeugten 2D-LOD1-Datensatzes hinsichtlich räumlicher Ausdehnung (Reduzierung auf die vorliegenden administrativen Grenzen) sowie inhaltlicher Probleme (z. B. Eliminierung von Überdachungen, welche keine Gebäude im Sinne der Untersuchung darstellen) durch Selektionen und dem Löschen von Datensätzen.
- Reduktion der Attributtabelle auf benötigte Daten (eindeutige IDs, Angaben zur Gebäudefunktion, zu Fläche, Volumen und ggf. Geschossigkeit). Eliminierung aller anderen mit Arc-Toolbox unter DataManagement Tools/Fields/DeleteField aus dem Datensatz. Dabei ist zu beachten, dass das Löschen der Attributspalten direkt im Ausgangsdatensatz erfolgt.

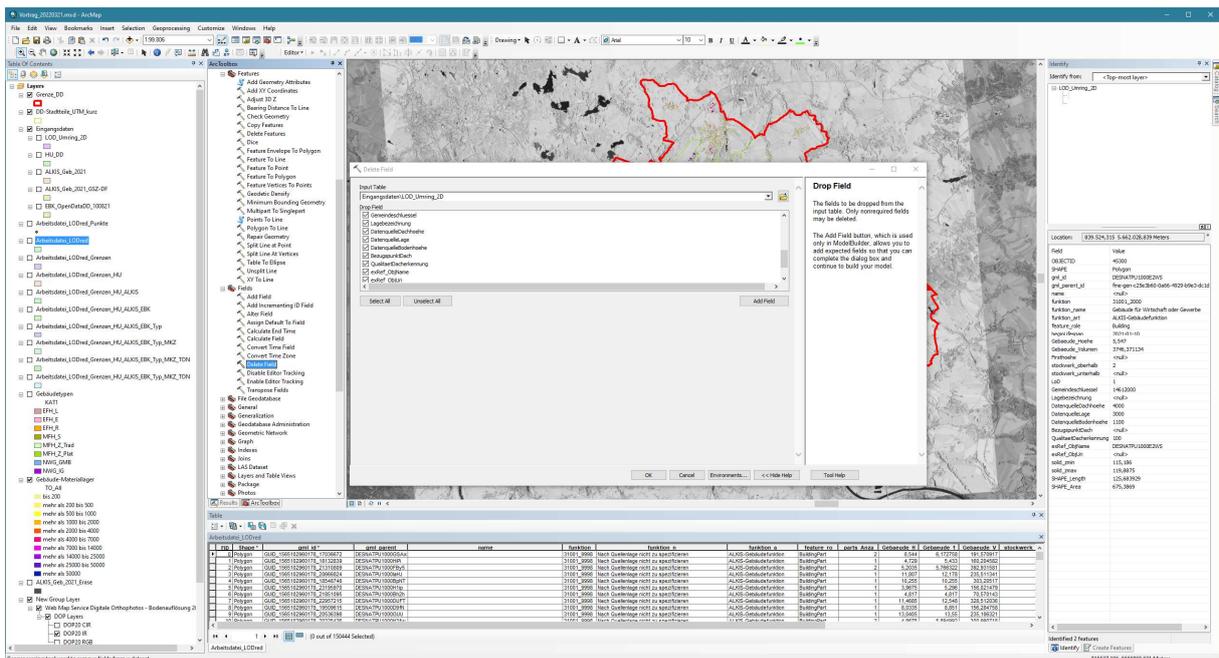


Abbildung 21 Erstellung des Digitalen Stadtmodells – Aufbereitung der Rohdaten II

- Vergeben einer eindeutigen ID durch Erzeugung neuer Spalte in Tabelle und Durchnummerierung der Datensätze, Erstellung eines Gebäudepolygondatensatzes zur Differenzierung nach Art und Funktion

Zwischenergebnis: LOD-Datensatz mit gefragter räumlicher Ausdehnung, allen wesentlichen Informationen sowie einer eindeutigen ID.

- Erzeugung von Centroiden der Gebäudepolygone, mittels Arc-Toolbox „DataManagement“, Tools/Features/FeatureToPoint, mit gewählter Option „Inside“. Ergebnis ist Punkt-Datensatz der LOD1-Gebäude mit allen Attributspalten des Gebäudepolygon-Datensatzes.

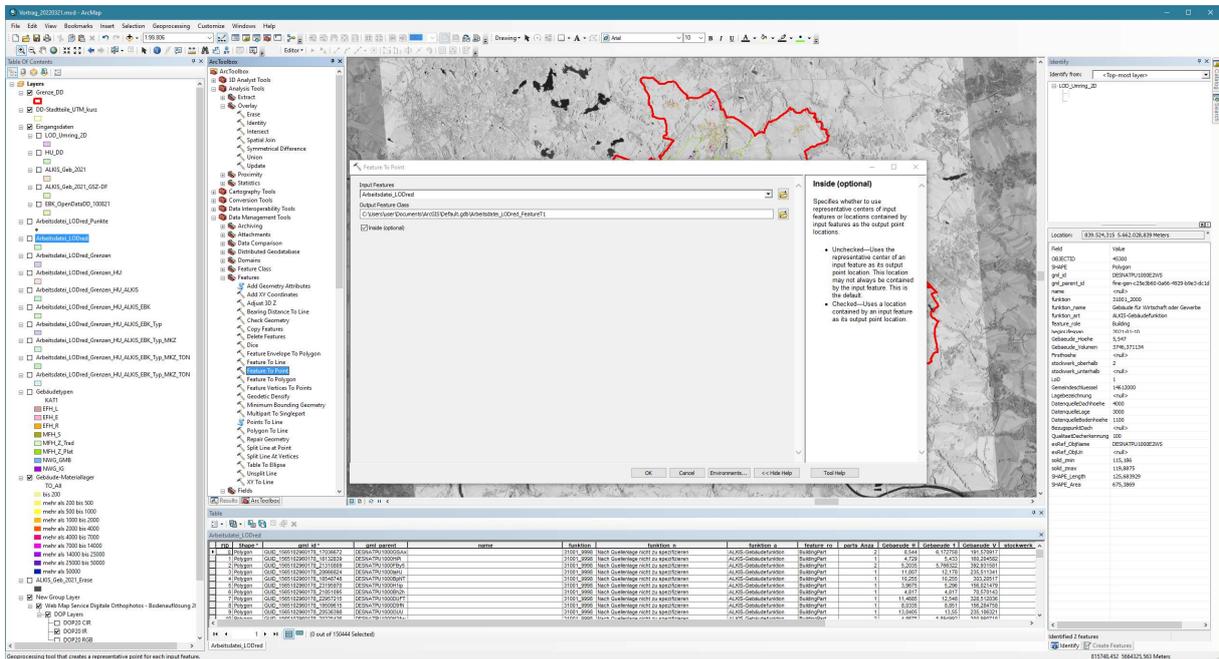


Abbildung 22 Erstellung des Digitalen Stadtmodells – Erstellung Centroide der Gebäudepolygone mittels „FeatureToPoint“

- Löschung aller Attributspalten außer Spalte „Eindeutige ID“ im Punktdatensatz mittels Arc-Toolbox unter „DataManagement“, Tools/Fields/DeleteField. Spalte „Eindeutige ID“ dient der Anknüpfung der Ergebnisse der räumlichen Abfragen an den LOD-Gebäudepolygondatensatz.
- Räumliche Abfrage mit Datensatz der innerstädtischen administrativen Grenzen, mittels Arc-Toolbox unter AnalysisTools/Overlay/SpatialJoin. Target-Feature-Datensatz ist dabei der Punktdatensatz der LOD-Gebäude und Join-Feature-Datensatz der Datensatz der innerstädtischen Grenzen, hier der Stadtteile.

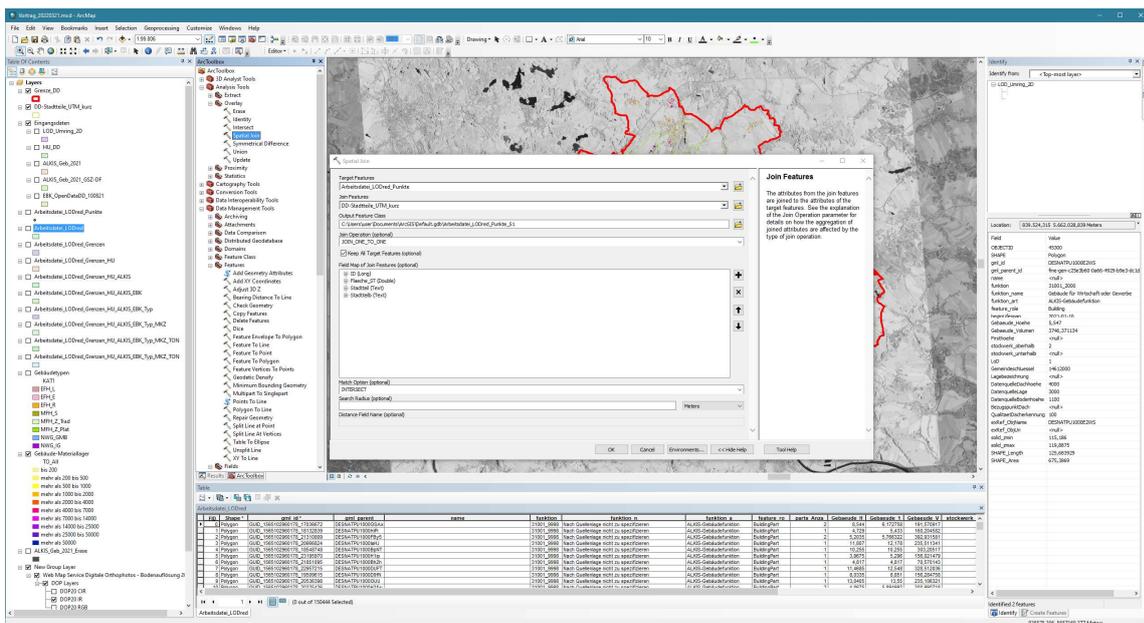


Abbildung 23 Erstellung des Digitalen Stadtmodells – Räumliche Abfrage der Stadtteilgrenzen mittels "SpatialJoin"

Zwischenergebnis: Punktdatensatz, mit Zuordnung der Attribute der Attributspalten der beiden Eingangsdatensätze zu den Datensatzeinträgen, entsprechend ihrer räumlichen Lage.

- Erweiterung des LOD-Gebäudepolygondatensatzes um die Spalten Stadtteil und Stadtteil(bezeichnung). Anlegen der Spalten als Textfelder durch „AddField“ im Kontextmenü der Tabelle
- Anhängen der Tabelle des Ergebnisdatensatzes an Tabelle des Gebäudepolygondatensatzes der räumlichen Abfrage über das eindeutige Schlüsselfeld ID mittels „Join and Relates“ im Kontextmenü der Tabelle

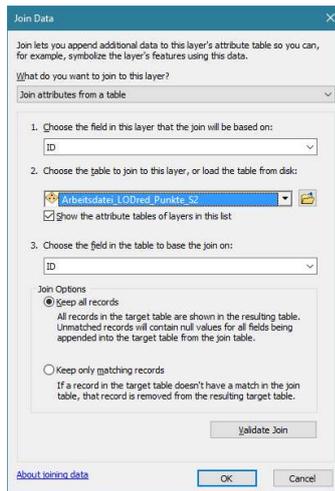


Abbildung 24 Erstellung des Digitalen Stadtmodells – Verknüpfung des Gebäudepolygondatensatzes mit Ergebnisdatensatz der räumlichen Abfrage

- Übertragung der Inhalte der Spalten aus dem Ergebnisdatensatz der räumlichen Abfrage in die neu angelegten Spalten mittels Field Calculator. Die Tabellenverknüpfung kann anschließend wieder gelöst werden.
- Analoges Vorgehen mit den Datensätzen der Hausumringe, Erweiterten Blockkarte und dem ALKIS-Gebäude-Datensatz. Hier sind die Attributspalten mit den Informationen zur Gebäudenutzung (FKT) von besonderem Interesse.
- Anreicherung der Attributtabelle des LOD-Gebäudepolygon-Datensatzes mit den Informationen aus Hausumringen, ALKIS, Erweiterter Blockkarte sowie zum Stadtteil, in dem sich das Gebäudepolygon befindet.

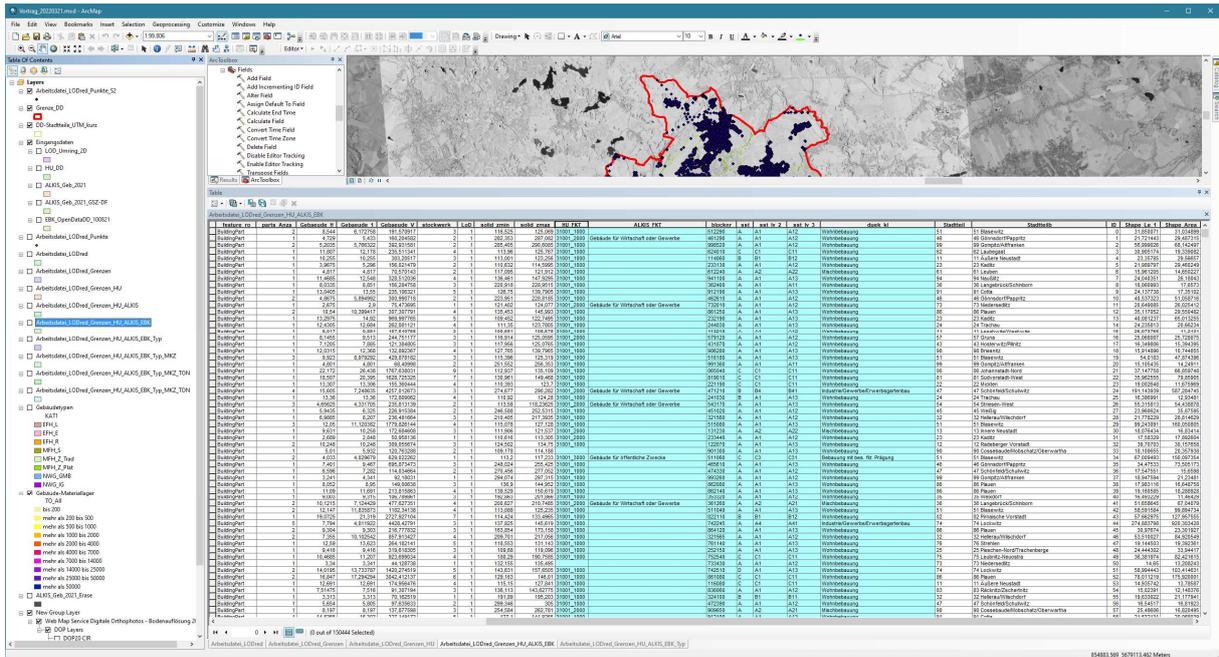


Abbildung 25 Erstellung des Digitalen Stadtmodells - Informationell angereicherte Attributtabelle des LOD-Gebäudepolygon-Datensatzes

### Verknüpfung mit Materialkennzahlen

- Die Erstellung der Materialkennzahlen erfolgt auf Basis der anhand des digitalen Stadtmodells differenzierbaren Gebäudetypen. Für Dresden differenzierbare Gebäudetypen:
  - Wohngebäude: „Ländlich geprägte E/ZFH“, „E/ZFH einzelnstehend“, „E/ZFH in Reihe“, „MFH Zeile traditionell“, „MFH Zeile Plattenbau“ und „sonstige MFH“
  - Nichtwohngebäude: „Gebäude für Gemeinbedarf“, „Gebäude für Industrie, Gewerbe und Dienstleistung“
- Aus dem Informationssystem Gebaute Umwelt werden für die sechs Wohngebäudetypen sowie die beiden Nichtwohngebäudetypen die Materialkennzahlen bereitgestellt.
- Aufbereitung der Materialkennzahlen in MS-Excel zur Kopplung an die Attributtabelle des LOD-Gebäudepolygondatensatzes in ArcGIS:
  - Transponieren der Tabelle, so dass die Gebäudekategorien zu Zeilenköpfen werden
  - Vereinfachung der Materialbezeichnungen
  - Entfernen jeglicher spezieller Formatierungen
  - Gebäudekategorie als Zeilenkopf muss mit Einträgen in der Attributspalte der Gebäudekategorie im LOD-Gebäudedatensatz exakt identisch sein (dient als Schlüsselfeld zur Tabellenverknüpfung)
- Laden dieser Tabelle in ArcGIS, Verknüpfung mit der Tabelle des LOD-Gebäudepolygondatensatzes mittels „Join and Relates“ im Kontextmenü
- Festes Integrieren der verknüpften Attributspalten in LOD-Gebäudepolygon-Shape durch Abspeichern des Datensatzes als neues Shape-File
- Alternativ Tabellenverbindung durch „Join“, dadurch jedoch möglw. Performanceprobleme
- Anlegen neuer Attributspalten für jede Materialgruppe
- Berechnung des Materiallagers durch Multiplikation der Materialkennzahl mit dem Gebäudevolumen, schreiben der Ergebnisse in neue Attributspalten
- Ergebnis ist für jedes Gebäudepolygon das Materiallager in Tonnen.

- Verbessern der Lesbarkeit der Attributtabelle durch Vergeben von Aliasnamen für die Spaltenköpfe

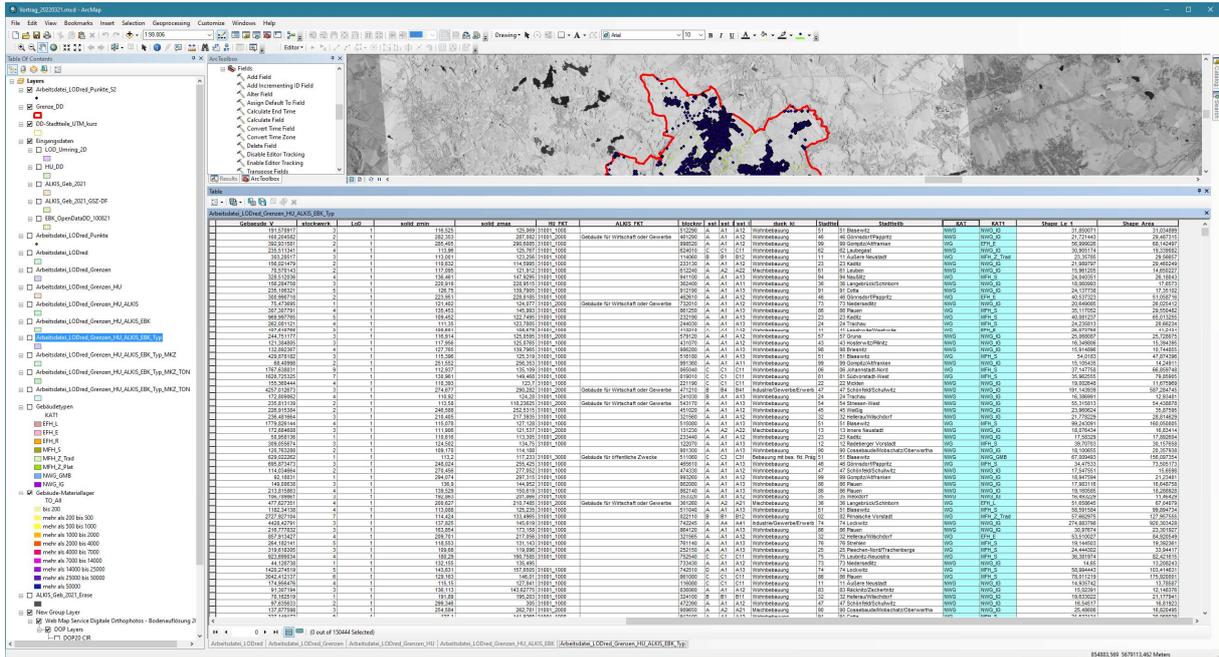


Abbildung 26 Erstellung des Digitalen Stadtmodells - Kategorisierung und Differenzierung der Gebäudetypen

Materialmenge in t/m³ BRI				169	170	171	172	173	174	183	184
ok	ok	ok	ok	EZFH-länd_DD	EZFH-einz_DD	EZFH-reihe_DD	MFH-Z-trad_DD	MFH-Z-Platte_DD	MFH-sonst_DD	NWG IndGew_DD	NWG Gem_DD
1	Beton	1 Standardbeton		0,080	0,154	0,213	0,096	0,372	0,117	0,182	0,241
2	Beton	2 Leichtbeton		0,000	0,000	0,000	0,001	0,006	0,000	0,000	0,001
3	Ziegel	3 Ziegelsteine		0,085	0,094	0,039	0,168	0,000	0,132	0,013	0,034
5	Ziegel	5 Ziegeldeckung		0,078	0,003	0,000	0,002	0,000	0,002	0,000	0,002
6	Asbest	6 Asbestzementplatten		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4	sonstiges Mineralisches	4 sonstiges Mineralisches		0,204	0,166	0,118	0,140	0,049	0,169	0,155	0,159
8	sonstiges Mineralisches	8 kalkhaltige Putze, Mörtel		0,062	0,051	0,024	0,073	0,000	0,054	0,006	0,015
9	sonstiges Mineralisches	9 gips-/anhydrithaltige Putze, Mört		0,008	0,013	0,012	0,015	0,000	0,014	0,000	0,000
12	sonstiges Mineralisches	12 kalkhaltige Estriche		0,012	0,022	0,019	0,016	0,033	0,020	0,019	0,035
13	sonstiges Mineralisches	13 gips-/anhydrithaltige Estriche		0,001	0,003	0,008	0,003	0,000	0,001	0,001	0,003
15	sonstiges Mineralisches	15 Estriche mit synthetischen Anteil		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,005
16	sonstiges Mineralisches	16 Kalksandsteine		0,000	0,030	0,009	0,000	0,000	0,021	0,005	0,040
17	sonstiges Mineralisches	17 Porenbetonsteine		0,003	0,005	0,014	0,000	0,000	0,007	0,004	0,003
18	sonstiges Mineralisches	18 Betonsteine		0,001	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20	sonstiges Mineralisches	20 Gips-/Gipskartonplatten		0,001	0,002	0,004	0,000	0,000	0,001	0,001	0,003
21	sonstiges Mineralisches	21 mineralische Bauplatten		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
22	sonstiges Mineralisches	22 mineralische Wärmedämmstoffe		0,002	0,004	0,004	0,002	0,001	0,002	0,001	0,003
23	sonstiges Mineralisches	23 Betondachsteindeckung		0,001	0,002	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
25	sonstiges Mineralisches	25 Schieferdeckung		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
27	sonstiges Mineralisches	27 mineralische Schüttungen		0,042	0,028	0,019	0,025	0,014	0,040	0,112	0,050
28	sonstiges Mineralisches	28 Glas		0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
29	sonstiges Mineralisches	29 Natursteine		0,071	0,000	0,000	0,005	0,000	0,008	0,002	0,001
30	sonstiges Mineralisches	30 sonstige mineralische Baustoffe		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
31	Schnittholz/verarbeitetes Holz			0,020	0,012	0,008	0,003	0,001	0,009	0,002	0,007
32	sonstiges Nachwachsendes			0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
33	Kunststoffe			0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001
34	Bitumenhaltiges			0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
35	9+10 Metalle			0,007	0,013	0,018	0,014	0,041	0,013	0,025	0,027
8	Eisenmetalle			0,007	0,013	0,018	0,014	0,041	0,013	0,024	0,026
10	Nichteisenmetalle			0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
	Summe			0,397	0,440	0,397	0,422	0,464	0,440	0,377	0,470

Abbildung 27 Erstellung des Digitalen Stadtmodells - Materialkennzahlen der differenzierten Gebäudekategorien



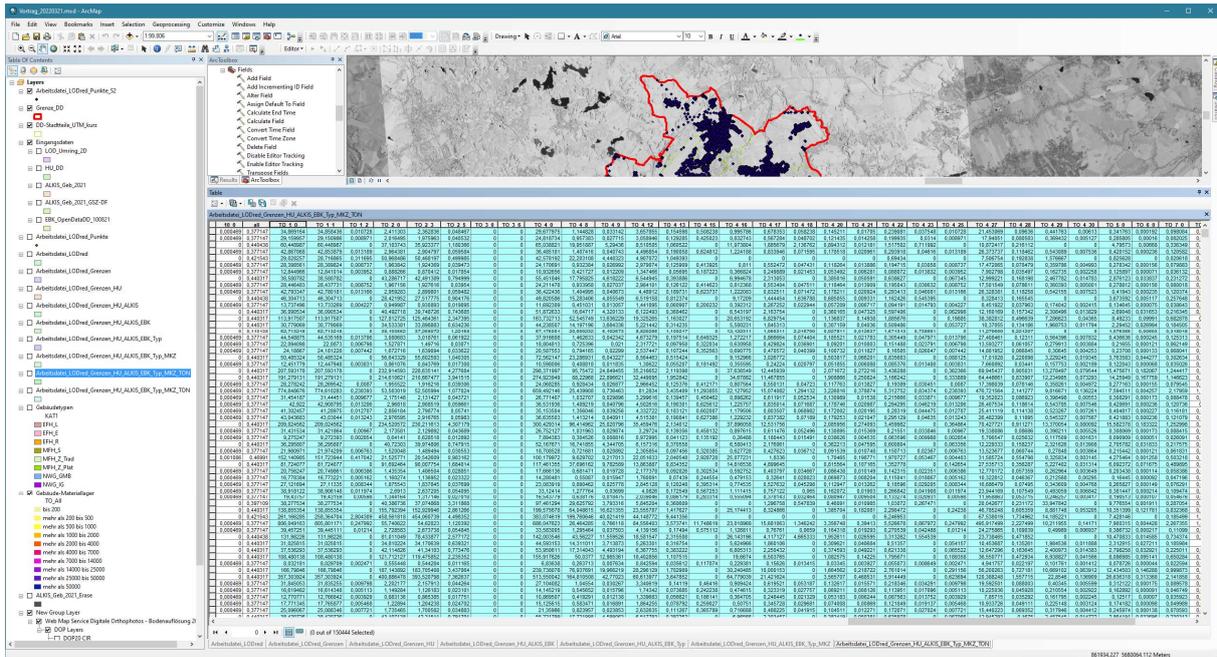


Abbildung 30 Erstellung des Digitalen Stadtmodells - Berechnung des Materiallagers in der Attributtabelle des LOD-Gebäudepolygonshapex

### Darstellung des Materiallagers

Aufbereitet im Layout lässt sich das Materiallager der Stadt Dresden für unterschiedliche Materialgruppen in Karten darstellen. Es sind zusätzlich statistische Auswertungen für die Gesamtstadt und teilstädtische Bereiche durch Tabellenfunktionalitäten möglich.

**Optional:** Erzeugung eines Differenzdatensatzes des LOD1 und des aktuelleren ALKIS-Datensatz → Darstellung neuer Gebäude, die in den LOD1-Daten noch nicht enthalten sind → Berechnung des Volumens möglich durch Multiplikation von Attributdaten aus ALKIS.

### 1.6.3. Verkehrswege

#### Datengrundlage

- Linienhafte Datensätze zum Netz der öffentlich gewidmeten Verkehrswege
  - Format: WFS-Dienst
  - Quelle: Durch Stadt Dresden zur Verfügung gestellt
- Datensätze zu Deckschichten von Fahrbahnen, Gehwegen, Radwegen, Seitenstreifen, Böschungen und Entwässerungsgräben
  - Format: WFS-Dienst
  - Quelle: Durch die Stadt Dresden zur Verfügung gestellt und mittels GIS-Funktionalität in shape-Files abgelegt (Projektion: EPSG:25833 - ETRS89 / UTM zone 33N).
- Flächenhaft modellierter Datensatz der öffentlich gewidmeten Verkehrswege
  - Enthaltene Informationen: Schlüssels des Verkehrswegeabschnittes, Widmung des Verkehrswegs verschlüsselt und im Klartext, Fläche des Verkehrswegeabschnittes.
  - Format: WFS-Dienst
  - Quelle: Durch Stadt Dresden zur Verfügung gestellt und konnte ebenfalls in ein shape-File gewandelt werden. Dieser enthält in der Attributtabelle den Schlüssel des Verkehrswegeabschnittes, die Widmung des Verkehrswegs verschlüsselt und im Klartext sowie die Fläche des Verkehrswegeabschnittes.

### Datenaufbereitung

- Ablegen der WFS-Daten in shape-Files mittels GIS-Funktionalität, Projektion: EPSG:25833 - ETRS89 / UTM zone 33N
- Zu beachten: Datensätze zu den Deckschichten sind einzeln gespeichert und nicht redundanzfrei.
- Unterscheidung der folgenden Widmungen:
  - Autobahnen, Autobahnauffahrt
  - Bundesstraßen
  - Staatsstraßen
  - Kreisstraßen
  - Sonstige Hauptverkehrsstraßen
  - Übrige Straßen
  - Beschränkt öffentliche Wege und Plätze
  - Öffentliche Feld- und Waldwege
- Grundlage für die Berechnung des Materialkatasters ist der Datensatz der flächenhaft modellierten, öffentlich gewidmeten Verkehrswege.

### Verknüpfung mit Materialkennzahlen

- Zuordnung der Kategorien aus dem Informationssystem Gebaute Umwelt zu den aufgeführten Widmungen im GIS-Datensatz (vgl. folgende tabellarische Differenzierungen):

Tabelle 4 Übertragung der Verkehrswegekategorie aus dem Informationssystem Gebaute Umwelt in die Verkehrswegekategorien der GIS-Analyse

<b>Straßenkategorie Informationssystem GU</b>	<b>Verkehrswegekategorie GIS</b>
<b>BAB</b>	Autobahn; Autobahnauffahrt
<b>BS</b>	Bundesstraße
<b>LS</b>	Sonstige Hauptverkehrsstraße; Staatsstraße
<b>KS</b>	Kreisstraße
<b>GS</b>	Übrige Straße; Parkplatz, beschränkt öffentlich
<b>WW</b>	Beschränkt öffentlicher Weg (befestigt), Eigentümerweg (kann befestigt sein)
<b>FWW</b>	Öffentlicher Feld- und Waldweg
<b>GW</b>	Gehweg

- Ergänzung der Attributtabelle des GIS-Datensatzes um eine Attributspalte
- In dieser Spalte Zuordnung jedes Verkehrswegeabschnitts in Abhängigkeit seiner Widmung zur Verkehrswegekategorie aus dem Informationssystem Gebaute Umwelt
- Aufbereitung der Materialkennzahlen analog zu „Verknüpfung mit Materialkennzahlen“ in Gebäuden
- Verknüpfung der aufbereiteten Materialkennzahlen der Verkehrswegekategorien im ArcGIS mit den Verkehrswegeabschnitten des GIS-Datensatzes mittels „Join“-Funktionalität
- Erweiterung der Attributtabelle um Felder für jede Materialgruppe und jeden Verkehrswegeabschnitt
- Berechnung des Materiallagers durch die Multiplikation Fläche [m<sup>2</sup>] und MKZ [t/m<sup>2</sup>]

### Darstellung des Materiallagers

Aufbereitet im Layout lässt sich das Materiallager der Stadt Dresden für unterschiedliche Materialgruppen in Karten darstellen. Es sind zusätzlich statistische Auswertungen für die Gesamtstadt und teilstädtische Bereiche durch Tabellenfunktionalitäten möglich.

## 1.7. Schritt für Schritt zu Materialkennzahlen

### 1.7.1. Gebäude

- Datengrundlage ist das Informationssystem Gebaute Umwelt: <https://ioer-isbe.de/>.

**Informationssystem**

Der Fokus unseres Informationssystem ist die Gebaute Umwelt mit ihren Elementen Gebäude, Infrastrukturen und anthropogen überformte Freiräume. Im Einklang mit den derzeit geltenden Nachhaltigkeits- und Klimaschutzziele ist es unser Ziel, die Gebaute Umwelt unter Beachtung räumlicher Kontexte (städtisch, ländlich etc.) in Richtung Zukunftsfähigkeit und Resilienz zu entwickeln. Dabei fokussieren wir auf Ressourcen, die sich über die Materialität von Bauwerken abbilden lassen, sowie Risiken, die vor allem durch Naturgefahren entstehen. Wir greifen Fragestellungen auf, die Forschende und Akteure der Stadt-, Regional- und Umweltplanung sowie der Industrie in diesem Themenfeld interessieren und stellen in unserem Informationssystem entsprechend unterstützende Grundlageninformationen zu Bauwerken im Download frei zur Verfügung.

Das Informationssystem Gebaute Umwelt ist Teil des IÖR-Forschungsdatenzentrums (FDZ)

**Neuigkeiten**

- IÖR-Datenveröffentlichung: Material Cadastre of Buildings in Germany 2022 <https://data.fdz.ioer.de/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.71830/V23TEU>
- IÖR-Veröffentlichung: „Mapping building material stocks in cities: regional material cadastres. Guideline“, BMWK [https://www.euki.de/wp-content/uploads/2024/03/CirCon4Climate\\_Guideline\\_for\\_Regional\\_Material\\_Cadastres\\_ENG.pdf](https://www.euki.de/wp-content/uploads/2024/03/CirCon4Climate_Guideline_for_Regional_Material_Cadastres_ENG.pdf)
- Materialkennzahlen - neuer Download verfügbar: Baumaterialinduzierte Emissionen (GWP) nach DIN EN 15804+A2; differenziert nach Bauteilgruppen
- IÖR-Veröffentlichung: „From Material Cadastres to a Materiality Informed City Information Modelling“ in: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 1363 (2024) 1: 012084 <https://doi.org/10.1088/1755-1307/1363/1/012084>

Abbildung 31 Informationssystem Gebaute Umwelt

- Differenzierung der Materialität nach Anwendungsfall und Fragestellung, größtmögliche Differenzierung nach 44 Baumaterialgruppen

- Download der gewünschten Materialkennzahlen im Informationssystem Gebaute Umwelt durch
  - Wählen: „Materialkennzahlen – Überblick und Download“ (es erscheint die Übersichtstabelle der enthaltenen Gebäude und Infrastrukturen)
  - Wählen des gewünschten Gebäudes (es erscheint ein „Gebäudesteckbrief“ mit Download-Button zu den Indikatoren „Flächen & Volumen“, „Materialkennzahlen“, „Rohstoffkategorien“, „Abfallkategorien“, „materialinduzierten Emissionen“)
  - Wählen des Download-Button „Materialkennzahlen“ (.csv)
- Excel-Tabelle im csv-Format liefert die MKZ für das gewählte Gebäude (siehe Abbildung 32).
- Anpassung der Tabelle an notwendige Anwendungen (spezielles Material oder Materialien insgesamt etc.; total in t oder spezifisch in t/m<sup>3</sup> BRI etc.)

ID	Typ	ID Baumater	Baumaterialg	Baumaterial	Baumaterial	Baumaterial	Baumaterial	Baumaterial	Baumaterial	Einheit
123	EFH ab 1991	1	Standardbet	134,836541	42,3786473	17,9666176	0,46978574	67,1699164	6,85157357	t
123	EFH ab 1991	2	Leichtbeton	0	0	0	0	0	0	t
123	EFH ab 1991	3	Ziegelsteine	25,6217035	0	12,0497324	13,5719712	0	0	t
123	EFH ab 1991	4	Ziegelsteine r	0	0	0	0	0	0	t
123	EFH ab 1991	5	Ziegeldeckun	1,02715038	0	0	0	0	1,02715038	t
123	EFH ab 1991	8	Kalkhaltige P	17,3405712	0	12,2867832	5,02213218	0,03165581	0	t
123	EFH ab 1991	9	Gips-/anhydi	7,86359074	0	2,36748863	3,57573797	1,69733115	0,22303299	t
123	EFH ab 1991	10	Ton-/lehmha	0	0	0	0	0	0	t
123	EFH ab 1991	11	Putze, Möрте	0	0	0	0	0	0	t
123	EFH ab 1991	12	Kalkhaltige E	10,3221643	6,0438761	0	0	4,27828817	0	t
123	EFH ab 1991	13	Gips-/anhydi	6,57598092	0	0	0	6,57598092	0	t
123	EFH ab 1991	14	Trockenestri	0	0	0	0	0	0	t
123	EFH ab 1991	15	Estriche mit :	0	0	0	0	0	0	t
123	EFH ab 1991	16	Kalksandstei	77,2161999	0	56,5866883	20,6295115	0	0	t
123	EFH ab 1991	17	Porenbetons	1,46950589	0	1,46950589	0	0	0	t
123	EFH ab 1991	18	Betonsteine	0	0	0	0	0	0	t
123	EFH ab 1991	19	Lehmsteine	0	0	0	0	0	0	t
123	EFH ab 1991	20	Gips-/Gipska	1,05847025	0	0,26391054	0	0,1180876	0,67647211	t
123	EFH ab 1991	21	Mineralische	0,03211416	0	0,03211416	0	0	0	t
123	EFH ab 1991	22	Mineralische	1,7312233	0	0,6015411	0	0,26523945	0,86444275	t
123	EFH ab 1991	23	Betondachst	1,33591626	0	0	0	0	1,33591626	t
123	EFH ab 1991	24	Faserzement	0	0	0	0	0	0	t
123	EFH ab 1991	25	Schieferdeck	0	0	0	0	0	0	t
123	EFH ab 1991	26	Substratschic	0	0	0	0	0	0	t
123	EFH ab 1991	27	Mineralische	18,4943407	18,4943407	0	0	0	0	t
123	EFH ab 1991	28	Glas	0,40538191	0	0,40538191	0	0	0	t
123	EFH ab 1991	29	Natursteine	0	0	0	0	0	0	t
123	EFH ab 1991	30	Sonstige min	0,26567141	0	0	0	0,26567141	0	t
123	EFH ab 1991	31	Schnittholz	4,95673786	0	0,51598803	0,78317455	1,44517416	2,21240112	t
123	EFH ab 1991	32	Verarbeitete	0,36960443	0	0,11156629	0	0,25803813	0	t
123	EFH ab 1991	33	Nachwachse	1,3149216	0	0	0	0,9184185	0,3965031	t
123	EFH ab 1991	34	Stroh-/Schilfi	0	0	0	0	0	0	t
123	EFH ab 1991	35	Sonstige Mat	0,0301793	0	0,00171253	0	0,02846677	0	t
123	EFH ab 1991	36	Erdölbasierte	0,27166832	0	0,11162754	0	0,16004078	0	t
123	EFH ab 1991	37	Kunststoffda	0,01239072	0	0	0	0	0,01239072	t
123	EFH ab 1991	38	Erdölbasierte	0,89178351	0,07087953	0,40789584	1,9375E-05	0,10951878	0,30346999	t
123	EFH ab 1991	39	Bitumendach	0,24249391	0	0,18510136	0	0,02435063	0,03304193	t
123	EFH ab 1991	40	Bitumenhalti	0	0	0	0	0	0	t
123	EFH ab 1991	41	Metalldachd	0	0	0	0	0	0	t
123	EFH ab 1991	42	Eisenmetalle	15,8204185	3,91150286	1,55959169	0,04752343	9,31136869	0,99043182	t
123	EFH ab 1991	43	Aluminiumh	0	0	0	0	0	0	t
123	EFH ab 1991	44	Aluminium	0	0	0	0	0	0	t
123	EFH ab 1991	45	Kupfer	0	0	0	0	0	0	t
123	EFH ab 1991	46	Sonstige Nich	0	0	0	0	0	0	t

ID	Typ	Gebäudefläch	Werte	Einheit
123	EFH ab 1991	Hauptnutzur	128,949	m <sup>2</sup>
123	EFH ab 1991	Nebennutzur	73,34	m <sup>2</sup>
123	EFH ab 1991	Nutzungsfläch	202,29	m <sup>2</sup>
123	EFH ab 1991	Technikfläch	0	m <sup>2</sup>
123	EFH ab 1991	Netto-Raumf	217,534	m <sup>2</sup>
123	EFH ab 1991	Konstruktion	36,373	m <sup>2</sup>
123	EFH ab 1991	Brutto-Grunc	253,907	m <sup>2</sup>
123	EFH ab 1991	Bruttoraumii	681,25	m <sup>3</sup>

Abbildung 32 Beispielhafte Downloadtabelle aus dem Informationssystem Gebaute Umwelt

- Auf Grundlage der heruntergeladenen Materialkennzahlen erfolgt die Bearbeitung der Materialkennzahlen je nach Anwendung und Datenverfügbarkeit anhand des folgenden Schemas:

Frage: Lassen sich die kartierten Gebäude in Wohngebäude (WG) und Nichtwohngebäude (NWG) unterteilen?

Antwort: Nein. MKZ für ein Ø-Gebäude bilden.

Antwort: Ja. Verfahren nach folgendem Schema:

1. Lassen sich die <b>WG</b> in EFH sowie MFH unterteilen?		
<b>Ja:</b> Weiter. → Sind <b>EFH</b> und <b>MFH</b> nach <b>Baualter</b> unterteilt?		<b>Nein:</b> MKZ für ein Ø-WG bilden (Mittelwert), auf Basis von <a href="https://ioer-isbe.de/">https://ioer-isbe.de/</a>
<b>Ja:</b> Weiter. → MKZ für baualtersbezogene EFH und MFH aus <a href="https://ioer-isbe.de/">https://ioer-isbe.de/</a> heraussuchen und herunterladen	<b>Nein:</b> Sind <b>EFH</b> und <b>MFH</b> nach <b>Bauformen/-strukturenalter</b> unterteilt?	
	<b>Ja:</b> Weiter. → MKZ für bauformen/-strukturenbezogene EFH und MFH aus <a href="https://ioer-isbe.de/">https://ioer-isbe.de/</a> heraussuchen und herunterladen.	

Abbildung 33 Fließschema für Materialkennzahlen für Wohngebäude (WG)

2. Lassen sich die <b>NWG</b> nach Nutzungsarten differenzieren?		
<b>Ja:</b> Weiter. → Sind die NWG nach <b>Industrie/Gewerbe</b> und <b>Gemeinbedarf</b> unterteilt?		<b>Nein:</b> MKZ für ein Ø-NWG aus <a href="https://ioer-isbe.de/">https://ioer-isbe.de/</a> heraussuchen und herunterladen
<b>Ja:</b> Weiter. → MKZ für Industrie/Gewerbe und Gemeinbedarf aus <a href="https://ioer-isbe.de/">https://ioer-isbe.de/</a> heraussuchen und herunterladen.	<b>Nein:</b> Sind <b>NWG</b> nach <b>statistischen Nutzungsarten</b> unterteilt?	
	<b>Ja:</b> Weiter. → MKZ für NWG-Arten entsprechen Statistik aus <a href="https://ioer-isbe.de/">https://ioer-isbe.de/</a> heraussuchen und herunterladen.	

Abbildung 34 Fließschema für Materialkennzahlen für Nichtwohngebäude (NWG)

### 1.7.2. Verkehrswege

Die MKZ für Verkehrswege wurden eigens für Dresden durch das IÖR bestimmt. Sie sind ins Informationssystem Gebaute Umwelt eingepflegt. Die MKZ sind der Tabelle im How-To zu entnehmen (Tabelle 3 Materialkennzahlen der Verkehrswegekategorien, S. 25).

## 1.8. Schritt für Schritt zum Materialkataster

### 1.8.1. Gebäude

Pro Gebäudetyp werden die Mengen in m<sup>3</sup> BRI mit den MKZ in t/m<sup>3</sup> BRI multipliziert und zusammengefasst. Das Ergebnis sind Materialien in Tonnen insgesamt (für die Stadt).

$$ML_G = \sum_{i=1}^n MM_i \times MKZ_i$$

Mit:

$MM_i$  Materialmenge Gebäudetyp in m<sup>3</sup>RI

$MKZ_i$  Materialkennzahl Gebäudetyp in t/m<sup>3</sup>RI

$ML_G$  Materiallager Gebäude gesamt in t

$n$  Anzahl der Gebäudetypen

Die Materialmengen werden mit dem 3D-Stadtmodell verknüpft und so über GIS-basierte Karten räumlich dargestellt. Sie stellen das Materialkataster der Stadt dar, das zeigt, wieviel Material in jedem einzelnen Gebäudepolygon steckt.

### 1.8.2. Verkehrswege

Pro Verkehrswegekategorie werden die Mengen in m<sup>2</sup> Verkehrswegeoberfläche mit den MKZ in t/m<sup>2</sup> multipliziert und zusammengefasst. Das Ergebnis sind Materialien in Tonnen insgesamt (für die Stadt).

$$ML_V = \sum_{i=1}^n MM_i \times MKZ_i$$

Mit:

$MM_i$  Materialmenge Verkehrswegekategorie in m<sup>2</sup>

$MKZ_i$  Materialkennzahl Verkehrswegekategorie in t/m<sup>2</sup>

$ML_V$  Materiallager Verkehrswege gesamt in t

$n$  Anzahl der Verkehrswegekategorien

Die Materialmengen werden mit dem 3D-Stadtmodell verknüpft und so über GIS-basierte Karten räumlich dargestellt. Sie stellen das Materialkataster der Stadt dar, das zeigt, wieviel Material in jedem einzelnen Verkehrswegeabschnitt steckt.

## I. QUELLEN

Steger, S.; Fekkek, M.; Bringezu, S. (2011): Materialbestand und Materialflüsse in Infrastrukturen, Meilensteinbericht des Arbeitspaketes 2.3 des Projektes „Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRes). Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, 268 S. [https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/3973/file/MaRes\\_AP2\\_4.pdf](https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/3973/file/MaRes_AP2_4.pdf)

Mottschall, M.; Bergmann, T. (2013). Treibhausgas-Emissionen durch Infrastruktur und Fahrzeuge des Straßen-, Schienen- und Luftverkehrs sowie der Binnenschifffahrt in Deutschland. (Arbeitspaket 4 des Projekts “Weiterentwicklung des Analyseinstruments Renewability”) (Umweltbundesamt, Hrsg.) Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit Nachhaltige Mobilität und Immissionsschutz, Freiburg.

Schiller, G.; Ortlepp, R.; Krauß, N.; Steger, S.; Schütz, H.; Fernández, J. A.; Reichenbach, J.; Wagner, J.; Baumann, J. (2015): Kartierung des anthropogenen Lagers in Deutschland zur Optimierung der Sekundärrohstoffwirtschaft. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, S. LIV, 261 (Texte / UBA; 83/15). <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/kartierung-des-anthropogenen-lagers-in-deutschland>

Knappe, F.; Bergmann, T.; Mottschall, M. (2015): Substitution von Primärrohstoffen im Straßen- und Wegebau durch mineralische Abfälle und Bodenaushub; Stoffströme und Potenziale unter Berücksichtigung von Neu-, Aus- und Rückbau sowie der Instandsetzung. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Heidelberg, im Auftrag des UBA, 95 S. [https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Pool/Forschungsdatenbank/fkz\\_3712\\_33\\_324\\_primae\\_rohstoffe\\_strassenbau\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Forschungsdatenbank/fkz_3712_33_324_primae_rohstoffe_strassenbau_bf.pdf)

Mahabadi, M. (1996): Konstruktionsdetails im Garten- und Landschaftsbau. Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin, 573 S.

Empirica-Report (2019): Gutachten Wohnungsmärkte in Sachsen. Im Auftrag des SMI Sachsen, Projektnummer 2019024, empirica ag, Berlin, 119 S.

## II. ANHANG

MKZ der Gebäudetypen von Dresden

Für Dresden wurden die folgenden Gebäudetypen definiert:

- Einzelstehendes E/ZFH,
- Gereihtes E/ZFH,
- Ländliches E/ZFH,
- MFH traditionelle Zeile,
- MFH Plattenbau-Zeile,
- Sonstiges MFH,
- Nichtwohnbebauung für Gemeinbedarf,
- Industrie- und Gewerbe-Bebauung.

Sie sind auf den folgenden Seiten in Form von Steckbriefen beschrieben und dokumentiert.

Die errechneten Flächen und Volumen der definierten Gebäudetypen basieren auf der DIN 277-1:2016-01. Dabei gelten die folgenden Definitionen.

Die **Bruttogrundfläche** ist die Gesamtfläche aller Grundrissebenen eines Bauwerks. Sie gliedert sich in Nutzungsfläche, Technikfläche, Verkehrsfläche und Konstruktions-Grundfläche.

Die **Nutzungsfläche** ist Teilfläche der Netto-Raumfläche, die der wesentlichen Zweckbestimmung des Bauwerks dient. Sie wird entsprechend der tatsächlichen Nutzung in weitere Gruppen unterteilt. Dies sind: Wohnen und Aufenthalt (NUF 1); Büroarbeit (NUF 2); Produktion, Hand- und Maschinenarbeit, Forschung und Entwicklung (NUF 3); Lagern und Verteilen, Verkaufen (NUF 4); Bildung, Unterricht, Kultur (NUF 5); Heilen und Pflegen (NUF 6); Sonstige Nutzflächen (NUF 7).

In der Vorgängerversion DIN 277 Ausgabe 1987 wurde die Nutzungsfläche bzw. Nutzfläche noch in Haupt- und Nebennutzfläche unterteilt. Diese Unterteilung wurde bei den Wohngebäuden aufgegriffen. Grund dafür war die Möglichkeit der konsequenten Trennung der Hauptnutzung „Wohnen“ von den darüber hinaus erforderlichen Nebennutzungen (z. B. Abstell-, Keller-, Boden-, Trockenräume und/oder Waschküchen).

Die **Technikfläche** ist Teilfläche der Netto-Raumfläche für technische Anlagen zur Versorgung und Entsorgung des Bauwerks.

Die **Verkehrsfläche** ist Teilfläche der Netto-Raumfläche für die horizontale und vertikale Verkehrserschließung des Bauwerks.

Die **Konstruktionsgrundfläche** ist Teilfläche der Brutto-Grundfläche, die sämtliche Grundflächen der aufgehenden Baukonstruktionen aller Grundrissebenen des Bauwerks umfasst (z. B. Wände, Stützen, Pfeiler, Schornsteine).

Tabelle 5 MKZ Einzel stehendes Einfamilienhaus

Einzelstehendes Einfamilienhaus						
Flächenrelationen						
Flächen und Volumen		Verbaute Materialien				
BGF	Bruttogrundfläche	233	m <sup>2</sup>	Beton	95,2	t
HNF	Hauptnutzfläche	115	m <sup>2</sup>	Ziegel	52,7	t
NNF	Nebennutzfläche	60	m <sup>2</sup>	sonstiges Mineralisches	102,4	t
NUF	Nutzungsfläche	176	m <sup>2</sup>	Schnittholz/verarbeitetes Holz	7,6	t
TF	Technikfläche	2	m <sup>2</sup>	Holz	0,0	t
VF	Verkehrsfläche	15	m <sup>2</sup>	sonstiges Nachwachsendes	0,5	t
NRF	Nettoraumfläche	193	m <sup>2</sup>	Kunststoffe	0,2	t
KGF	Konstruktionsgrundfläche	40	m <sup>2</sup>	Bitumenhaltiges	8,2	t
BRI	Bruttorauminhalt	619	m <sup>3</sup>	Metalle		
				Gesamt	266,9	t
				<p><b>Materiallager: 267 Tonnen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Beton</li> <li>■ Ziegel</li> <li>■ sonstiges Mineralisches</li> <li>■ Schnittholz, verarbeitetes Holz</li> <li>■ sonstiges Nachwachsendes</li> <li>■ Kunststoffe</li> <li>■ Bitumenhaltiges</li> <li>■ Metalle</li> </ul>		

Tabelle 6 MKZ Gereihtes Einfamilienhaus

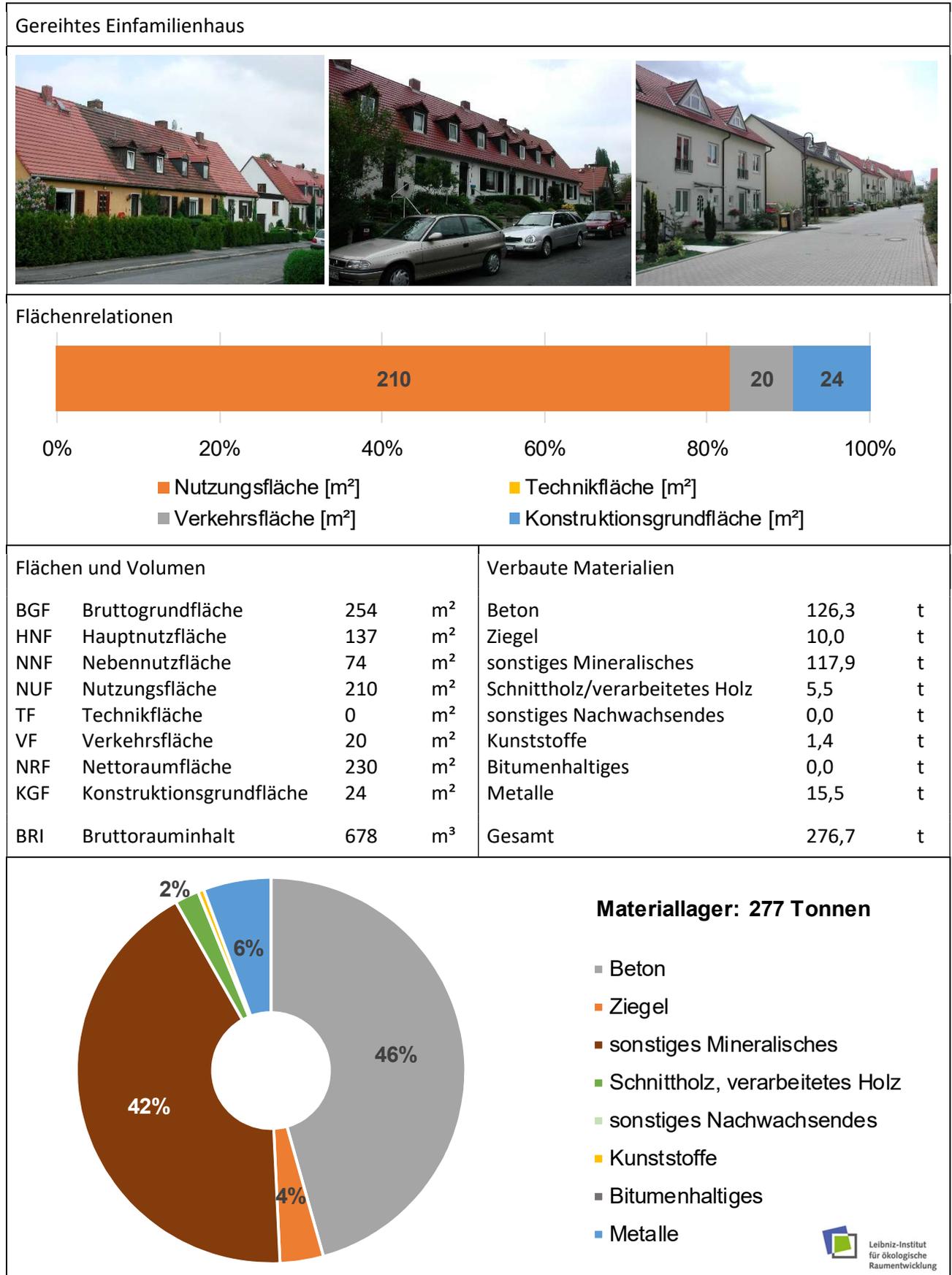


Tabelle 7 MKZ Ländliches Einfamilienhaus

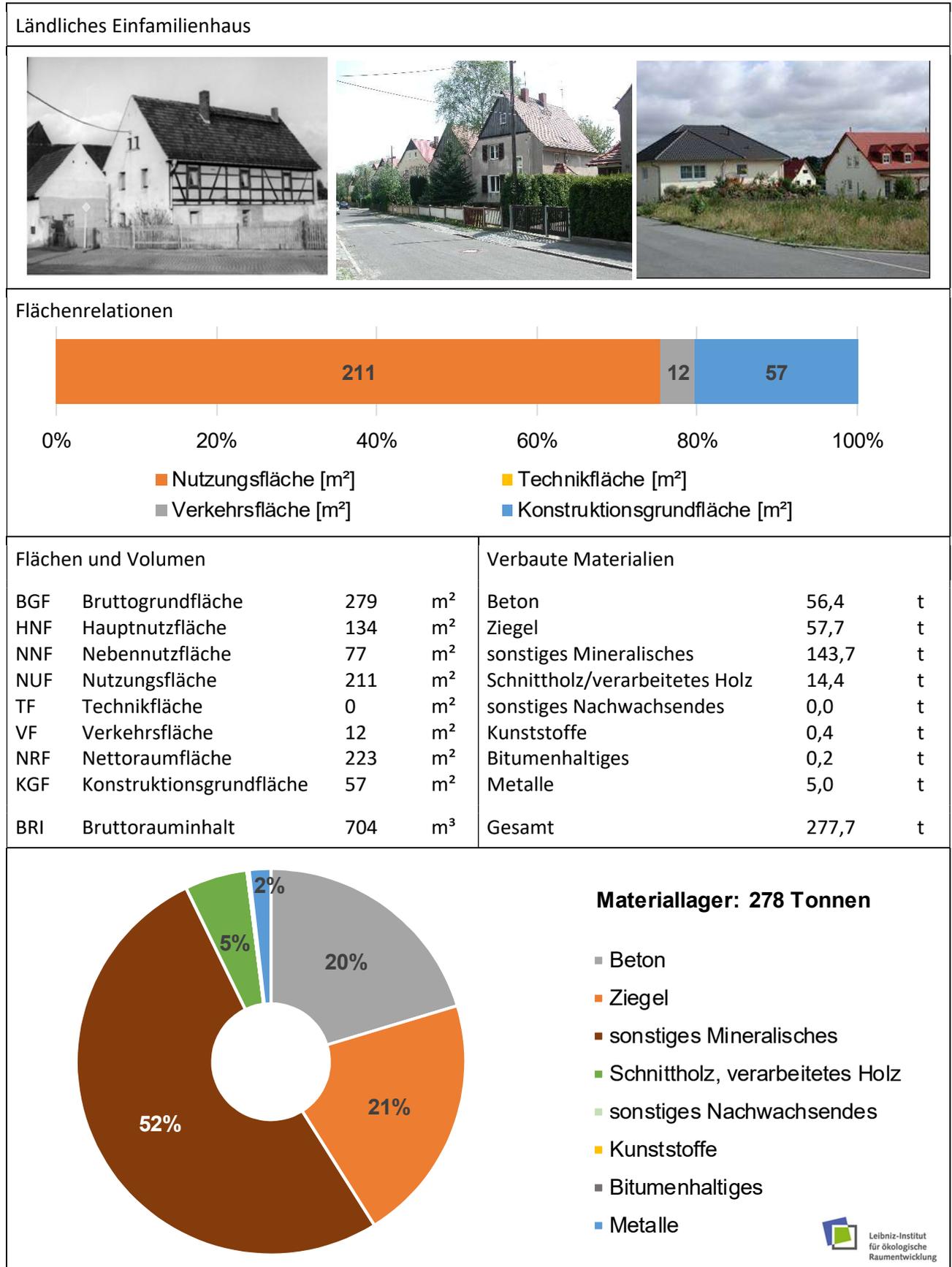


Tabelle 8 MKZ Traditionelle Zeile der 1920er bis 1960er Jahre

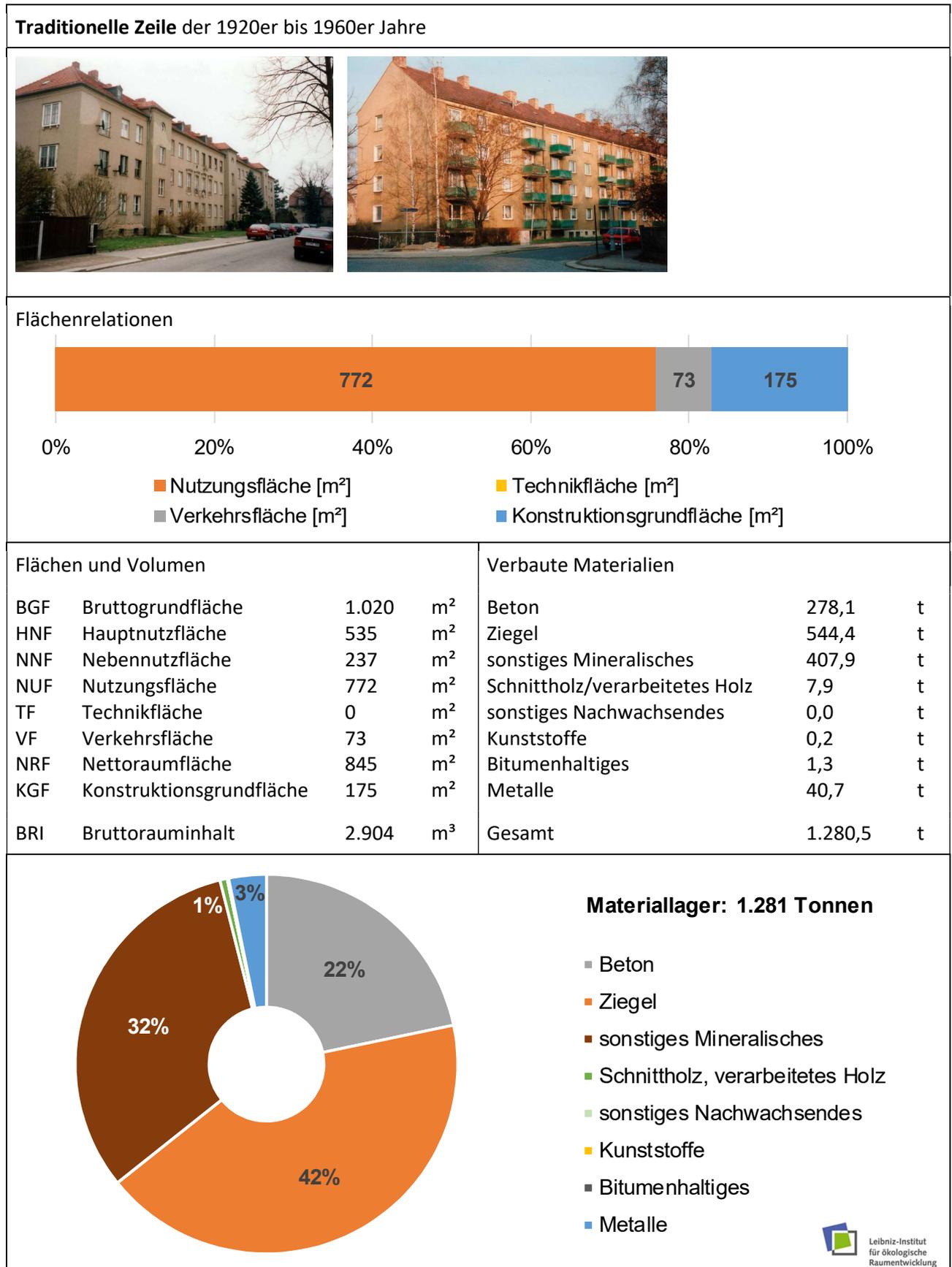


Tabelle 9 MKZ Plattenbau-Zeile der 1970er bis 1980er Jahre

Plattenbau-Zeile der 1970er bis 1980er Jahre				
<b>Flächenrelationen</b>				
<b>Flächen und Volumen</b>		<b>Verbaute Materialien</b>		
BGF	Bruttogrundfläche	1.066 m <sup>2</sup>	Beton	1.099,9 t
HNF	Hauptnutzfläche	693 m <sup>2</sup>	Ziegel	0,0 t
NNF	Nebennutzfläche	128 m <sup>2</sup>	sonstiges Mineralisches	144,8 t
NUF	Nutzungsfläche	821 m <sup>2</sup>	Schnittholz/verarbeitetes Holz	2,5 t
TF	Technikfläche	6 m <sup>2</sup>	sonstiges Nachwachsendes	0,2 t
VF	Verkehrsfläche	94 m <sup>2</sup>	Kunststoffe	0,9 t
NRF	Nettoraumfläche	921 m <sup>2</sup>	Bitumenhaltiges	3,2 t
KGF	Konstruktionsgrundfläche	145 m <sup>2</sup>	Metalle	121,5 t
BRI	Bruttorauminhalt	2.959 m <sup>3</sup>	Gesamt	1.373,0 t
		<b>Materiallager: 1.373 Tonnen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Beton</li> <li>■ Ziegel</li> <li>■ sonstiges Mineralisches</li> <li>■ Schnittholz, verarbeitetes Holz</li> <li>■ sonstiges Nachwachsendes</li> <li>■ Kunststoffe</li> <li>■ Bitumenhaltiges</li> <li>■ Metalle</li> </ul>		

Tabelle 10 MKZ Mehrfamilienhaus

Mehrfamilienhaus				
Flächenrelationen				
<p> <span style="color: orange;">■</span> Nutzungsfläche [m<sup>2</sup>]      <span style="color: yellow;">■</span> Technikfläche [m<sup>2</sup>]  <span style="color: grey;">■</span> Verkehrsfläche [m<sup>2</sup>]      <span style="color: blue;">■</span> Konstruktionsgrundfläche [m<sup>2</sup>]         </p>				
Flächen und Volumen		Verbaute Materialien		
BGF	Bruttogrundfläche	921 m <sup>2</sup>	Beton	307,6 t
HNF	Hauptnutzfläche	483 m <sup>2</sup>	Ziegel	351,5 t
NNF	Nebennutzfläche	214 m <sup>2</sup>	sonstiges Mineralisches	442,1 t
NUF	Nutzungsfläche	697 m <sup>2</sup>	Schnittholz/verarbeitetes Holz	23,0 t
TF	Technikfläche	1 m <sup>2</sup>	sonstiges Nachwachsendes	0,0 t
VF	Verkehrsfläche	79 m <sup>2</sup>	Kunststoffe	1,8 t
NRF	Nettoraumfläche	777 m <sup>2</sup>	Bitumenhaltiges	0,4 t
KGF	Konstruktionsgrundfläche	143 m <sup>2</sup>	Metalle	33,0 t
BRI	Bruttorauminhalt	2.619 m <sup>3</sup>	Gesamt	1.159,6 t
<p><b>Materiallager: 1.160 Tonnen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Beton</li> <li>■ Ziegel</li> <li>■ sonstiges Mineralisches</li> <li>■ Schnittholz, verarbeitetes Holz</li> <li>■ sonstiges Nachwachsendes</li> <li>■ Kunststoffe</li> <li>■ Bitumenhaltiges</li> <li>■ Metalle</li> </ul>				

Tabelle 11 MKZ Nichtwohnbebauung für Gemeinbedarf

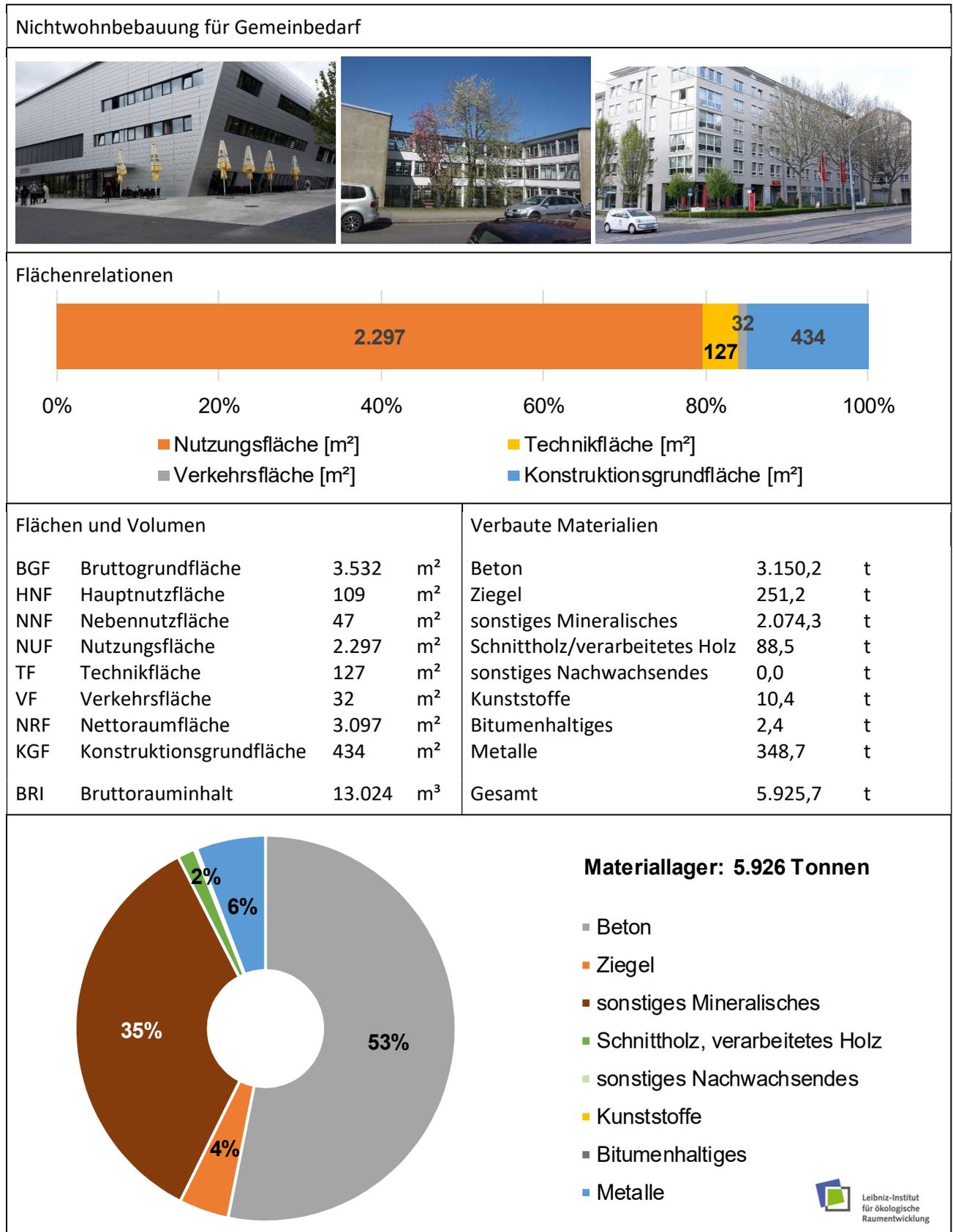


Tabelle 12 MKZ Industrie- und Gewerbe-Bebauung

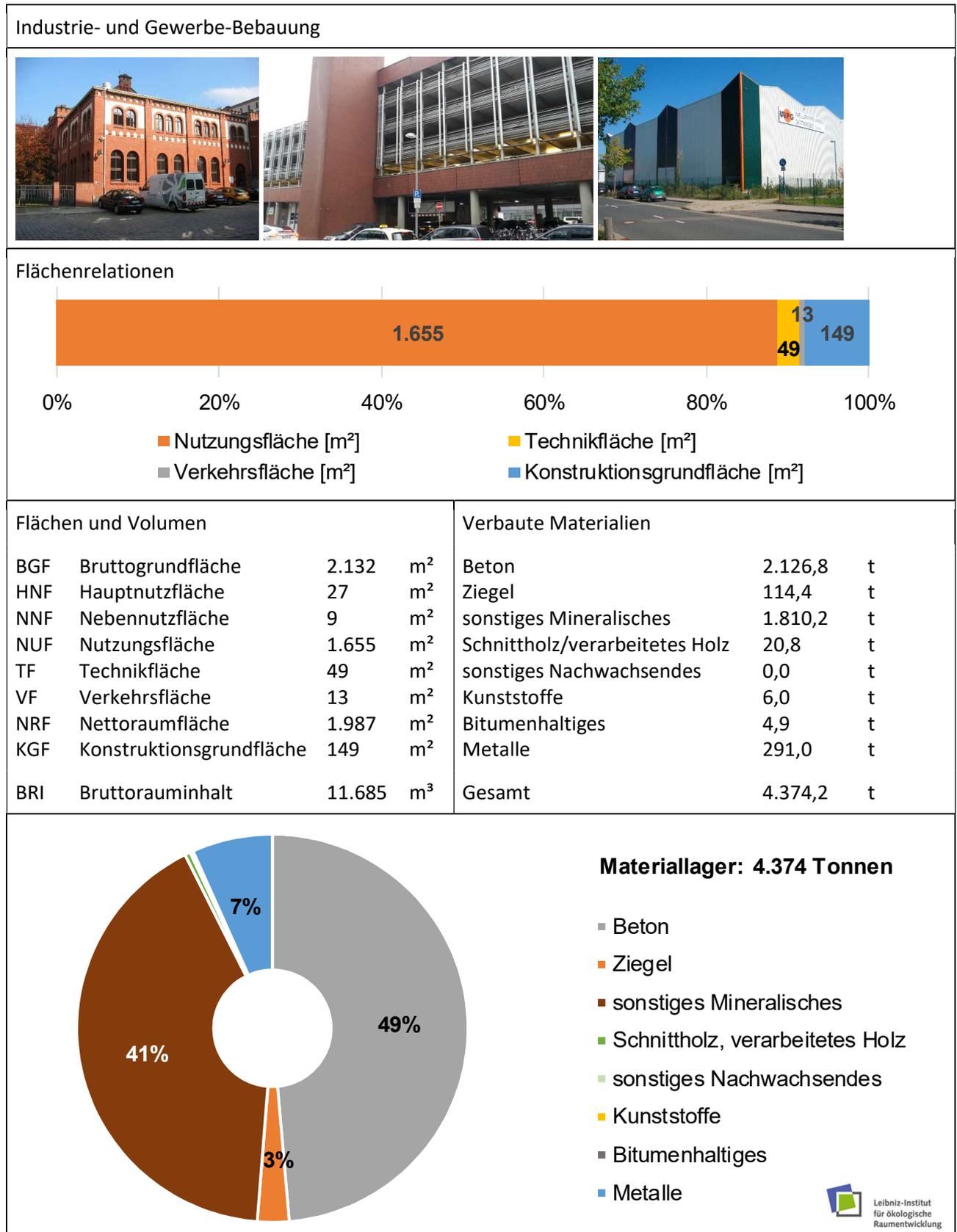


Tabelle 13 Prozentuale Materialkennzahlen für Verkehrswege

Verkehrswege- kategorie	BAB	BS	LS	KS	GS	WW	FWW	GW
Material	Prozentuale Materialkennzahlen							
Gesteinsmehl/ Flugasche	2,96 %	3,21 %	2,16 %	2,31 %	1,51 %	0,29 %	0,00 %	0,32 %
Bitumen- /Asphaltprodukte	1,10 %	1,66 %	1,45 %	1,55 %	0,88 %	1,73 %	0,00 %	0,00 %
Zement	2,51 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,15 %	1,90 %	0,00 %	2,11 %
Sand	32,76 %	33,73 %	33,70 %	32,89 %	37,55 %	2,11 %	0,00 %	9,07 %
Kies	35,96 %	33,76 %	36,04 %	34,66 %	33,15 %	84,43 %	100 %	72,38 %
Splitt	24,71 %	27,64 %	22,80 %	24,45 %	12,56 %	2,25 %	0,00 %	3,79 %
Schotter	0,00 %	0,00 %	3,85 %	4,13 %	14,21 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
Natursteine	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	7,30 %	0,00 %	12,32 %

Materialkennzahlen für Verkehrswege als prozentualer Anteil der einzelnen Materialien an der Gesamtmaterialität.

Kategorien

<i>BAB</i>	<i>Bundesautobahnen/Autobahnauffahrten</i>
<i>BS</i>	<i>Bundesstraßen</i>
<i>LS</i>	<i>Landstraßen</i>
<i>KS</i>	<i>Kreisstraßen</i>
<i>GS</i>	<i>Übrige Straße; Parkplatz, beschränkt öffentlich</i>
<i>WW</i>	<i>Beschränkt öffentlicher Weg (befestigt), Eigentümerweg (kann befestigt sein)</i>
<i>FWW</i>	<i>Öffentliche Feld- und Waldwege</i>
<i>GW</i>	<i>Gehweg</i>