

Kaiserslautern, den 16. September 2019

Automatisierte Identifikation von Baulücken und Nachverdichtungspotentialen im Wohnungsbau

Automated identification of densification potential and gaps between buildings in the housing sector

Master Thesis

zur Erlangung des Akademischen Grades eines
Masters of Science

am Fachgebiet Bauingenieurwesen
der technischen Universität Kaiserslautern



vorgelegt von

Dominik Hinteregger

(Matrikelnummer: 407 555)

Erstbetreuer: Prof. Dr. Björn-Martin Kurzrock

Fachgebiet: Immobilienökonomie

Zweitbetreuer: Jun. Prof. Dr. Martin Berchtold

Fachgebiet: Raum- und Umweltplanung

Abstract

Ziel der vorliegenden Masterarbeit ist es, zu erforschen, inwiefern die Identifikation von Nachverdichtungspotentialen und Baulücken automatisiert werden kann. Die Arbeit basiert dabei auf einer bestehenden Studie des Leibniz-Instituts für ökologische Raumentwicklung (IÖR). Die Studie wird dabei auf Fehler und erkennbare Verbesserungspotentiale untersucht. Im nächsten Schritt wird die Umsetzbarkeit der identifizierten Verbesserungsvorschläge betrachtet. Hierbei werden die Informationen, die zur Umsetzung der Vorschläge benötigt werden, identifiziert. Des Weiteren wird ein Konzept zur Implementierung des Ansatzes, in das bestehende Modell vorgestellt und bestehende Hindernisse bei deren Umsetzung herausgearbeitet. Insgesamt hat sich gezeigt, dass sich die Identifikation von Nachverdichtungspotentialen gut automatisieren lässt. Auch konnten einige Ansätze entwickelt werden, die die Vorhersagegenauigkeit des IÖR-Modells deutlich verbessern. Andererseits sind einige Fehlerquellen, die schon in der ursprünglichen Studie erkannt worden sind, auch heute nicht vollständig automatisierbar.

The main aim of this master's thesis is to analyse the possibility of an automated identification of densification potential and gaps between buildings. The paper is based on an existing survey by the IÖR. In the context of this thesis, the survey is analysed, in order to identify potential for improvement. The next step is to consider how these potentials could be implemented into the existing system. For this purpose, the information needed to implement these approaches will be identified. Furthermore, a concept for the implementation of these proposals, into the existing system, together with existing limitations, will be given.

The analysis indicated, that the identification of densification potential can be automated. Additionally, a couple of proposals helping to improve the prediction accuracy, could be developed. However, some of the error sources identified by the IÖR could not be fixed to this date.

Abkürzungsverzeichnis

ADV	Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland
AFIS	Amtliches Festpunktinformationssystem
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
A _s	Entfernung zur Straße
ATKIS	Amtliches Topografisch-Kartographische Informationssystem
ATKIS Basis DLM	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem Digitales Basis Landschaftsmodell
B-Plan	Bebauungsplan
BauGB	Baugesetzbuch
BauNVO	Baunutzungsverordnung
BB	Brandenburg
BBR	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumplanung
BE	Berlin
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
BGF	Brutto-Grundfläche
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BMZ	Baumassenzahl
BSBK	Bundesstiftung Baukultur
BVerwG	Bundesverwaltungsgericht
BW	Baden-Württemberg
BY	Bayern
City GML	City Geography Markup Language
DBU	Deutsche Bundesstiftung Umwelt
DL	Deep Learning
GFZ	Geschossflächenzahl
GRZ	Grundflächenzahl
H	Höhe
HArchivG	Hessisches Archivgesetz
HB	Bremen
HE	Hessen
HH	Hamburg
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure

Hrsg.	Herausgeber
HU	Hausumringe
HV	Mecklenburg-Vorpommern
IEP	Innenentwicklungspotential
IÖR	Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
KI	Künstliche Intelligenz
LBO	Landesbauordnung
LNatSchG	Landesnaturenschutzgesetz
LoD	Level of Detail
MBO	Musterbauordnung
ML	Machine Learning, Maschinelles Lernen
NI	Niedersachsen
NRW	Nordrhein-Westfalen
NW	Nordrhein-Westfalen
o.J.	ohne Jahresangabe
OVG	Oberverwaltungsgericht
RLBau	Richtlinien für die Durchführung von Bauaufgaben
RP	Rheinland-Pfalz
SH	Schleswig-Holstein
SL	Saarland
SN	Sachsen
ST	Sachsen-Anhalt
TH	Thüringen
ÜG	Überbauungsgrad

Inhaltsverzeichnis

Abstract	I
Abkürzungsverzeichnis	II
1 Einleitung	1
1.1 Zielsetzung der Arbeit	2
1.2 Fragestellung	2
1.3 Methoden	3
2 Grundlagen	4
2.1 Bewertung von Nachverdichtungspotentialen	4
2.2 Möglichkeiten der Nachverdichtung	8
2.3 Abgrenzung und Begriffsdefinition KI und ML	12
2.4 CityGML, LoD und AAA-Modell	13
2.5 Zwischenfazit	15
3 Automatische Identifikation von Baulücken und Nachverdichtungspotentialen	16
3.1 Vorstellung des automatisierten Verfahrens	16
3.1.1 Objekte und Modellierung des ATKIS Basis DLM	18
3.1.2 Konzept zur automatisierten Identifikation von IEP	19
3.1.3 Workflow der automatisierten Identifikation von IEP	20
3.2 Verfahrensvalidierung, Identifikation von Schwächen und Grenzen des Verfahrens	24
3.3 Mögliche Modellverbesserungen	28
3.3.1 Nutzung von ALKIS	28
3.3.2 Berücksichtigung der Topographie	30
3.3.3 Berücksichtigung von Überschwemmungs- und Immissionsschutzflächen	30
3.4 Fazit zum bestehenden Ansatz zur automatisierten Identifikation von IEP	31
4 Ansätze zur Modellverbesserung	33
4.1 Vergleich der Ist-Bebauung mit der rechtlich zulässigen Bebauung	33
4.2 Ortslage und Abgrenzung des Innenbereichs	41
4.3 Nicht beachtete Arten der Nachverdichtung	45
4.3.1 Brachflächen	46
4.3.2 Aufstockungen und Dachausbauten	51
4.3.3 Ersatzneubauten	59
4.3.4 Umbauten und Umnutzungen	67
4.4 Hinderliche grundbuchrechtliche Regelungen und Baulasten	70
4.5 Baugenehmigungen als Datenquelle	78

5 Kritische Reflexion.....	82
5.1 Zielkonflikt Stadt- vs. Projektentwicklung	82
5.2 Über das bestehende Baurecht hinaus	85
5.3 Fehler in der verwendeten Datenquelle und deren Interpretation	86
6 Fazit und Ausblick	88
6.1 Hauptergebnisse der Arbeit.....	88
6.2 Hindernisse und Limitationen	91
6.3 Ausblick	92
Literatur- und Quellenverzeichnis.....	95
Literaturverzeichnis	95
Quellenverzeichnis	102
Anhang	107
Anhang 1: Experteninterview mit Herrn Hecht vom IÖR.....	107
Abbildungsverzeichnis.....	109
Tabellenverzeichnis.....	110
Eidesstattliche Erklärung	111

1 Einleitung

Im Zusammenhang mit der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie hat die Bundesregierung festgeschrieben, dass die Flächeninanspruchnahme bis zum Jahr 2020 bundesweit auf 30 Hektar pro Tag begrenzt werden soll.¹ Damit dieses Ziel erreicht werden kann, spielt die gezielte Innenentwicklung und Nachverdichtung von Städten und Gemeinden eine zentrale Rolle. Bauliche Entwicklungen sollen daher vor allem auf bereits erschlossenen, innerörtlichen Flächen erfolgen. So sollen weniger Flächen im Außenbereich durch Entwicklungen „auf der grünen Wiese“ versiegelt werden. Potentialflächen sind dabei nicht nur in strukturschwachen oder peripheren Lagen anzutreffen. Auch in Wachstumsbereichen sind Flächen mit deutlichem Innenentwicklungspotential vorhanden. Es handelt sich demnach um ein flächendeckendes Phänomen, das (in verschieden starker Ausprägung) nahezu jede Kommune betrifft.

„Baulücken, Leerstände und Brachflächen sind eine immer häufigere Alltagserscheinung. Diese stellen wichtige Potenzialflächen für eine Innenentwicklung dar.“ IÖR 2018, S.123.

Damit die Entwicklung von baulichen Potentialen im Innenbereich forciert werden kann, müssen die Gemeinden und Städte jedoch den Umfang des vorhandenen Nachverdichtungspotentials im Innenbereich kennen.²

Um Wissen über vorhandene Innenentwicklungspotentiale (IEP) zu schaffen, hat das IÖR eine Erhebung über die vorhandenen IEP in Deutschland durchgeführt. Diese Erhebung wurde dabei im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumplanung (BBSR) ausgeführt. In diesem Zusammenhang hat das IÖR Nachforschungen über Möglichkeiten zur automatischen Ermittlung von IEP angestellt und ein Konzept zur praktischen Umsetzung eines solchen Systems geliefert. Die Forschung des IÖR hat ergeben, dass eine automatische Erfassung aller IEP in Deutschland prinzipiell möglich ist. Jedoch hat sich auch gezeigt, dass ein automatisiertes System zur Identifikation von IEP durch das Fehlen notwendiger Daten bzw. durch Daten, die nicht flächendeckend verfügbar sind, fehleranfällig ist und schnell an Grenzen stößt.³

¹ Vgl. Beckmann in BBSR 2015, und IÖR 2018, S.123ff.

² Vgl. Hecht, Meinel in IÖR 2014, S. 103.

³ Vgl. Hecht, Meinel in IÖR 2014, S. 105ff.

1.1 Zielsetzung der Arbeit

Mit dieser Masterarbeit soll an den Forschungsergebnissen der Studie zum Einsatz von automatisierten Verfahren zur Identifikation von Nachverdichtungspotentialen angeknüpft werden. Hierbei werden insbesondere, die vom IÖR, herausgearbeiteten Grenzen und Schwächen von automatisierten Methoden betrachtet, um daraus Konzepte zur Eliminierung der Schwächen abzuleiten. Bei der Erstellung der Verbesserungskonzepte werden die Informationsdefizite, die zur hohen Fehlerneigung des erforschten Ansatzes führen, identifiziert. Auch sollen Ansätze vorgestellt werden, die zu einer Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit des Systems führen können. Die Entwicklung der Verbesserungsvorschläge zielt dabei größtenteils darauf ab, ob und wie neue Datenquellen verwendet werden können, um die Genauigkeit der Methode zu erhöhen.

Zusammenfassend hat diese Masterarbeit das Ziel, die Fehlerneigung des vom IÖR entwickelten Konzepts zur automatisierten Identifikation von Nachverdichtungspotentialen zu reduzieren und Lösungsansätze zur Erhöhung der Voraussagegenauigkeit zu liefern.

1.2 Fragestellung

Im Zusammenhang mit dieser Masterarbeit wurden vier Forschungsfragen aufgestellt, die im Laufe der Arbeit beantwortet werden sollen.

Der erste Aspekt beschäftigt sich damit, welche Anforderungen gegeben sein müssen, damit Machine Learning⁴ für eine automatisierte Identifikation von Nachverdichtungspotentialen genutzt werden kann. Es soll ermittelt werden, inwiefern Systeme der künstlichen Intelligenz dazu eingesetzt werden können um die Identifikation von Potentialflächen zu unterstützen.

Die zweite Forschungsfrage dient dazu, herauszufinden wie eine Data-Science Studie aufgebaut werden muss, damit Vorschläge zur Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit des IÖR Systems umgesetzt werden können. Demnach werden die einzelnen Verfahrensschritte und die benötigten Informationen genauer betrachtet. Der Hauptfokus liegt hierbei auf der Identifikation der benötigten Informationen und deren Beschaffung.

Mit der dritten Forschungsfrage soll untersucht werden, welche Daten weiterhin nicht automatisch analysiert werden können und wie weit sich der Analyseprozess insgesamt automatisieren lässt. In diesem Kontext werden die Grenzen des Systems zu automatisierten Identifikation von Nachverdichtungspotentialen abgesteckt. Auch sollen hier die Schnittstellen zwischen

⁴ Das Maschinelle Lernen oder Machine Learning (ML) in ein Teilgebiet der künstlichen Intelligenz (KI). Hierbei werden IT-Systeme befähigt, innerhalb vorhandener Datenbestände mittels Algorithmen Muster zu erkennen und darauf basierend Lösungen zu entwickeln (vgl. Litzel 2016).

dem automatischen und dem weiterhin notwendigen, manuellen Analyseprozess herausgearbeitet werden.

Die letzte Forschungsfrage bezieht sich auf Hindernisse, die bei der Beschaffung der benötigten Daten entstehen können. Hierbei soll ermittelt werden, wie zugänglich die benötigten Daten sind und wie umfangreich die Datenbeschaffung ist.

1.3 Methoden

Grundsätzlich basiert diese Masterarbeit auf einer Studie, die die automatisierte Identifikation von Baulücken und Nachverdichtungspotentialen im Innenbereich untersucht. Die Studie wird dabei auf Schwachstellen und Fehlerquellen geprüft. Des Weiteren werden Aspekte aufgegriffen, die in dieser Form bisher noch keine Beachtung fanden. Aus diesen Erkenntnissen werden im nächsten Schritt Ansätze zur Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit des vorgestellten Systems entwickelt. Diese Verbesserungsansätze basieren auf den Annahmen des Verfassers sowie auf allgemeinen Faktoren zur Bestimmung von Nachverdichtungspotentialen. Die Daten, die zur Umsetzung der Verbesserungsvorschläge nötig sind, werden dabei durch Sekundärforschung und durch Nachfrage bei Verbänden, Ämtern und Gemeinden identifiziert. Die Tauglichkeit der Ansätze wird dabei zum einen mittels eines Beispiels und zum anderen in Experteninterviews geprüft.

2 Grundlagen

Das nachfolgende Kapitel dient dazu, die Grundlagen für diese Arbeit zu schaffen. Hierzu wird zunächst beschrieben, wie Nachverdichtungspotentiale ermittelt und bewertet werden. Zudem erfolgt die Vorstellung der verschiedenen Möglichkeiten zur Nachverdichtung. Im nächsten Schritt folgt die Erläuterung und Abgrenzung verschiedener Begriffe, die im Kontext mit KI verwendet werden. Abschließend werden Begriffe, die im Zusammenhang mit den verwendeten Datenquellen für die automatisierte Identifikation von Nachverdichtungspotentialen stehen, erläutert.

2.1 Bewertung von Nachverdichtungspotentialen

Im Folgenden wird erläutert, wie der prinzipielle Prozess der Findung von Nachverdichtungsflächen abläuft. Die schrittweise Beschreibung des Ermittlungsprozesses zielt dabei darauf ab, die Grundlage für die, im Zuge der Verbesserungsvorschläge des Abschnitts 5, angewendete Vorgehensweise zu schaffen.

Um das bestehende Potential vollständig bewerten zu können ist, neben der Potentialanalyse, eine umfangreiche Markt- und Standortanalyse notwendig. Die Marktanalyse dient dazu, zu ermitteln, ob neu geschaffener Wohnraum überhaupt vom Markt absorbiert werden würde. Die Standortanalyse hat den Zweck, die Standortqualität der Potentialfläche zu bestimmen. Anzumerken ist, dass sich die Bewertung des Nachverdichtungspotentials im Zusammenhang mit diesem Kapitel nur auf die vorhandenen Standortfaktoren bezieht.

Bevor die Methodik der Erfassung von Nachverdichtungspotential erläutert wird, erfolgt die Festlegung, welche Flächen erfasst werden können. Unterschieden wird dabei in:⁵

1. Flächen, die nach §30 Baugesetzbuch (BauGB) bebaubar sind

Baurechte, die aus dem §30 BauGB und daher über einen qualifizierten Bebauungsplan (B-Plan) bestehen, wären aus Sicht des Städtebaus sofort umsetzbar. Die Art und das Maß der zulässigen Bebauung kann hier direkt dem B-Plan entnommen werden.

2. Flächen, die nach §34 BauGB bebaubar sind

Der §34 BauGB beschreibt die Zulässigkeit von Bauvorhaben innerhalb der im Zusammenhang bebauten Ortsteile. Es handelt sich hierbei um Flächen, für die kein qualifizierter Bebauungsplan besteht. Wie und in welchem Umfang Flächen dieser Art bebaut werden können, muss daher immer im Einzelfall bewertet werden

⁵ Vgl. B2K Bock – Kühle – Koerner 2016.

3. Außenbereiche im Innenbereich

Als Außenbereich im Innenbereich werden Flächen bezeichnet, die aufgrund ihrer Größe, trotz ihrer Lage, im Innenbereich nicht über den §34 BauGB bebaut werden können. Um diese Flächen entwickeln zu können, ist daher ein B-Plan und gegebenenfalls ein Flächennutzungsplan notwendig.

4. Entwicklungsflächen im Außenbereich

Diese Flächen befinden sich im Außenbereich, das bedeutet, außerhalb des im Zusammenhang bebauten Ortes⁶. Die Möglichkeit der Bebauung richtet sich hier nach dem §35 BauGB. Flächen dieses Typs sollen in der weiteren Betrachtung von Nachverdichtungspotentialen weitestgehend unbeachtet bleiben.

5. Gebäudeleerstände und Umnutzungspotentiale

Im Fall der Gebäudeleerstände sind bereits bestehende Flächen ungenutzt. Hier muss ermittelt werden, warum die Flächen derzeit leer stehen, damit sie einer weitergehenden Nutzung zugeführt werden können. Flächen mit Umnutzungspotentialen sollen, meist durch Umbauten o.ä., einer neuen Verwendung zugeführt werden. Ob diese Flächen zu Wohnflächen umgewidmet werden können, ist im entsprechenden Flächennutzungsplan festgelegt und im Einzelfall zu prüfen.

In der ersten Stufe der Bewertung des vorhandenen Nachverdichtungspotentials erfolgt die quantitative Ermittlung über das vorhandene Baurecht.⁷ Dies hat den Hintergrund, dass eine Nachverdichtung nur möglich ist, wenn das bestehende Baurecht sie zulässt. Der erste Analyseschritt beschäftigt sich daher damit, ob ein Grundstück überhaupt für eine Nachverdichtung infrage kommt. Hier muss geklärt werden, ob eine zusätzliche Bebauung, bzw. Neubebauung oder Umnutzung legal durchgeführt werden kann. Zunächst muss daher die vorhandene Bausubstanz auf einem Grundstück ermittelt werden. So kann die vorhandene Bebauung im nächsten Schritt mit der rechtlich zulässigen Bausubstanz verglichen werden.

In Bezug auf das bestehende Baurecht muss zwischen den zwei Methoden der Nachverdichtung (über Erweiterung der bestehenden Bebauung und über Neubebauung/ bzw. Umnutzung des Grundstücks) unterschieden werden.

Eine Nachverdichtung über die Erweiterung der bestehenden Bebauung (Aufstockung, Lückenschließung und Anbau) kann nur durchgeführt werden, wenn das zulässige Baurecht auf einem Grundstück derzeit nicht vollständig ausgenutzt wurde. Dies ist z.B. der Fall, wenn weniger Vollgeschosse oder weniger Grundfläche erstellt wurden, als rechtlich zulässig ist. Es kommt hier also auf das Maß der baulichen Nutzung an.

⁶ Ein Bebauungszusammenhang besteht immer dann, wenn eine vorhandene Bebauung trotz Baulücken den Eindruck der Geschlossenheit vermittelt.

⁷ Vgl. Planungsverband Äußerer Wirtschaftsraum München 2017, S. 4.

Im Bereich, der Neubebauung bzw. Umnutzung eines Grundstücks (Umnutzung und Umbau sowie Restflächenaktivierung, Brachflächenbebauung und Flächenkonversion) ist hingegen vor allem die Art der baulichen Nutzung für das Nachverdichtungspotential ausschlaggebend. Entsprechend können bestehende Flächenpotentiale nur genutzt werden, wenn die Nutzung für Wohnzwecke rechtmäßig ist. Unter diese Kategorie fallen auch Flächen, die bereits in der Vergangenheit als Wohnfläche genutzt wurden (z.B. Wohnbrachen) und nun durch bauliche Aktivität wieder marktfähig gemacht werden.

Neben der theoretisch vorhandenen Möglichkeit der Bebauung muss in diesem Zusammenhang auch untersucht werden, ob sich die Bebauung praktisch umsetzen lässt. So kann die Bebaubarkeit stark durch grundstückseigene Faktoren, wie z.B. dessen Topographie oder des vorhandenen Baugrunds beeinflusst werden. Neben den physischen Gegebenheiten auf dem Grundstück kann die Bebaubarkeit auch durch grundbuchrechtliche Regelungen eingeschränkt werden. Beispiele hierfür sind vorhandene Dienstbarkeiten, wie ein eingetragenes Geh- und Fahrrecht oder Leitungsrechte. Solche Dienstbarkeiten können dazu führen, dass gewisse Teile des Grundstücks nicht bebaut werden dürfen, obwohl das im B-Plan festgelegte Baurecht dies erlauben würde. Das hat den Hintergrund, dass die Ausübung dieser Rechte durch eine Bebauung eingeschränkt werden kann. Diese Thematik wird im Abschnitt 4.4 weitergehend erläutert.

Des Weiteren müssen einzuhaltende Abstandsflächen beachtet werden. Dies ist insbesondere bei ungünstig geschnittenen Grundstücken relevant, da die Einhaltung der notwendigen Abstände dazu führen kann, dass Teile des Grundstücks kaum oder gar nicht bebaut werden können.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist der Schnitt des Grundstücks im Allgemeinen. Ein schlecht geschnittenes Grundstück kann ebenfalls dazu führen, dass Teile nicht bebaubar sind. Als Beispiel kann das Grundstück in Abbildung 1 genannt werden. Das Flurstück 997/7 (rot markiert) der Stadt Dresden dient als Beispiel für ein (teilweise) ungünstig geschnittenes Grundstück. So ist der nördliche Teil des Grundstücks (in Lila umrandet) kaum baulich nutzbar, weil er einerseits schwer erschließbar und andererseits durch einzuhaltende Abstandsflächen eingeschränkt ist.

Die Erschließung des Grundstücks muss dabei über das Nachbargrundstück (997/11) erfolgen, da die Zuwegung durch die bestehende Bebauung behindert wird. Hindernisse durch einzuhaltende Abstandsflächen sind darauf zurückzuführen, dass Abstandsflächen auf dem Grundstück selbst liegen müssen.⁸

⁸ Vgl. §6 MBO

Rein aus der Betrachtung des B-Plans, würde für den Teilbereich die Möglichkeit zur Nachverdichtung bestehen. Durch die genannten Punkte ist es aber vermutlich so, dass die ca. 200 m² große Fläche in der Praxis kaum bis gar nicht bebaut werden kann.



Abbildung 1: Beispiel für ein schlecht geschnittenes Grundstück.⁹

Wie bereits beschrieben, ist die Analyse, ob ein Grundstück im Sinne der Nachverdichtung bebaut werden kann, vielschichtiger als der Vergleich von vorhandener Baumasse und gemäß B-Plan maximal zulässiger Baumasse.

Des Weiteren empfiehlt es sich, Grundstücke die zwar ein Nachverdichtungspotential aufweisen, welches jedoch zu klein ist, um tatsächlich eine Projektentwicklung durchzuführen, als Potentialfläche auszuschließen.

Wurde festgestellt, dass ein Grundstück weiterhin bebaubar ist, erfolgt im zweiten Schritt die qualitative Bewertung des Standorts.¹⁰ Die Analyse umfasst dabei verschiedene grundstücks-/bzw. lagebezogene Faktoren wie z.B. das Standortimage oder die Bevölkerungsstruktur. Hierbei wird die Attraktivität eines Grundstücks bewertet.

Anschließend erfolgt die Prüfung, ob der neu geschaffene Wohnraum auch durch den Markt aufgenommen wird. Hierzu wird eine Marktanalyse durchgeführt, die dazu dient das vorliegende Verhältnis von Angebot und Nachfrage abzuschätzen.

Insgesamt zielt diese Masterarbeit auf die Identifikation von Nachverdichtungspotentialen im Sinne von Potentialflächen ab. Hierbei wird lediglich ermittelt, auf welchen Flächen Potentiale, zur weiteren Bebauung, bestehen. Eine Bewertung der Flächen nach ihrer Güte (im Sinne der Standortattraktivität) erfolgt dabei nicht. Ebenso wenig wird der Ermittlungsschritt der Marktanalyse weiter beleuchtet.

Im Folgenden werden die verschiedenen Arten der Nachverdichtung vorgestellt.

⁹ Landeshauptstadt Dresden o.J.

¹⁰ Vgl. Planungsverband Äußerer Wirtschaftsraum München 2017, S. 4.

2.2 Möglichkeiten der Nachverdichtung

Eine Nachverdichtung kann prinzipiell auf unterschiedliche Arten erfolgen. Um die Grundlage für die automatisierte Identifikation dieser Nachverdichtungspotentiale zu schaffen, werden sie daher im Folgenden vorgestellt. Die Nachverdichtung ist dabei ein Teilbereich der Immobilienprojektentwicklung.¹¹

Der Begriff der Nachverdichtung beschreibt die städtebauliche Nutzung von freier Bauflächen in bereits bestehender Bebauung. Hierbei sind verschiedene Möglichkeiten zur Nachverdichtung zu unterscheiden.

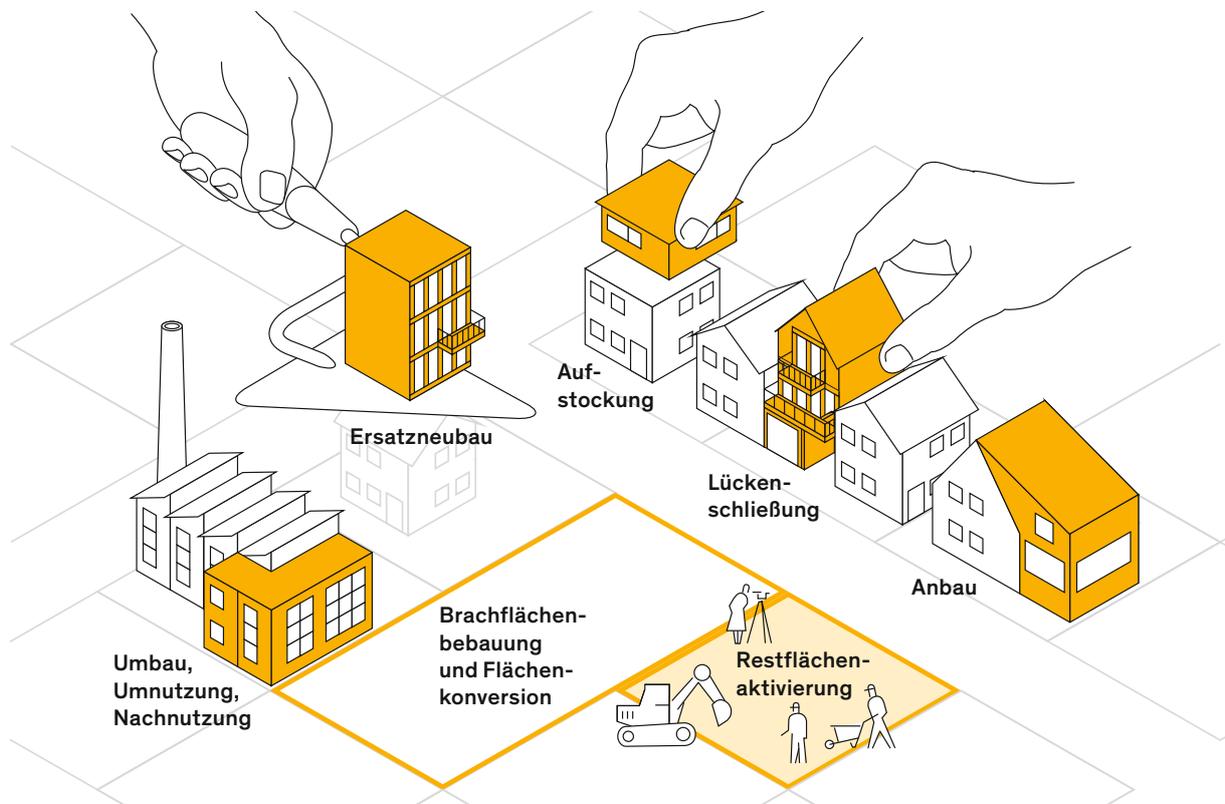


Abbildung 2: Möglichkeiten der Nachverdichtung.¹²

Diese sind im speziellen (siehe Abbildung 2):

1. Aufstockung und Dachausbauten
2. Lückenschließung
3. Anbau
4. Restflächenaktivierung, Brachflächenbebauung und Flächenkonversion
5. Umbau, bzw. die Umnutzung
6. Ersatzneubau

¹¹ Als Projektentwicklung wird die Konzeption und Planung eines Immobilienprojektes bezeichnet. Je nach Leistungstiefe ist die bauliche Erstellung des Projektes ebenfalls Teil der Projektentwicklung. (vgl. Brauer 2018, S. 538).

¹² Vgl. BSBK o.J.

1. Aufstockung und Dachausbauten

Die Aufstockung beschreibt eine Vergrößerung der vorhandenen Gebäudekubatur, indem das bestehende Gebäude um zusätzliche Stockwerke erweitert wird. Bei den zusätzlich errichteten Stockwerken handelt es sich, genau genommen, um einen Neubau, der diverse Schnittstellen (konstruktiv, statisch und nutzungsbedingt) zum Bestandsgebäude aufweist. Zu dieser Art der Nachverdichtung zählen zudem Dachausbauten. Hier wird der bestehende Dachstuhl derart ausgebaut, dass er zukünftig zu Wohnzwecken genutzt werden kann. Mit der Aufstockung bzw. dem Ausbau des Daches gehen noch weitere hemmende, rechtliche Rahmenbedingungen einher. Hemmnisse sind dabei u.a. ein Verlust des Bestandsschutzes, erhöhte Anforderungen an den Brandschutz durch eine Änderung der Gebäudeklasse, die Notwendigkeit der Einhaltung der aktuellen Energieeinsparverordnung sowie die Pflicht zur Schaffung zusätzlicher Stellplätze.¹³

2. Lückenschließung

Unter der Lückenschließung wird das Schließen einer bestehenden Baulücke verstanden. Als Baulücke wird ein Bereich bezeichnet, in dem, im Vergleich zu den umliegenden Grundstücken, noch keine Bebauung stattgefunden hat.¹⁴ Bei einer Baulücke handelt es sich um Flächen auf un- bzw. untergenutzten Grundstücken, für die ein Baurecht besteht. Baulücken sind also Flächen, die ohne besonderen Erschließungsaufwand bebaubar sind. Meist handelt es sich bei Baulücken um Einzelflurstücke oder mehrere benachbarte Flurstücke.¹⁵

3. Anbau

Der Anbau beschreibt, analog zur Aufstockung, eine Erweiterung der Gebäudekubatur durch einen Erweiterungsbau. Im Gegensatz zur Aufstockung erfolgt die Erweiterung (größtenteils) in der horizontalen Ebene. Teilweise Erweiterungen in der Vertikalen sind dabei ebenfalls denkbar. Wie die Aufstockung bestehen auch zwischen dem Anbau und dem Bestandsgebäude diverse Schnittstellen. Im Bereich des Erweiterungsbaus kann es zu eventuellem Setzungsverhalten des neuen Baukörpers (im Vergleich zum Bestandsgebäude) kommen, das bei der Planung besondere Beachtung erfordert.¹⁶

¹³ Vgl. BBSR in BBR 2016, S. 10.

¹⁴ Vgl. BSBK 2018, S. 55ff.

¹⁵ Vgl. BBSR in BBR 2013, S. 38 und S. 115.

¹⁶ Vgl. Bielefeld/ Wirths 2010, S. 204.

4. Restflächenaktivierung, Brachflächenbebauung und Flächenkonversion

Der Begriff der Restflächenaktivierung beschreibt die Bebauung von unbebauten Grundstücken. Das können Grundstücke sein, die gänzlich unbebaut sind, aber auch Grundstücke, die z.B. als Parkplatz genutzt werden.¹⁷

Eine offizielle Definition der Brachfläche, im Kontext von Immobilien, existiert nicht. In der Regel werden aufgegebene Betriebsgrundstücke oder Betriebsflächen, die von Unternehmen nicht mehr benötigt werden, als Brachfläche bezeichnet. Um Brachflächen für den Wohnungsbau nutzen zu können, muss i.d.R. ein umfangreiches Flächenrecycling durchgeführt werden. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Beseitigung von Kontaminationen und anderer Altlasten, die durch die historische Nutzung des Grundstücks entstanden sind.¹⁸ Flächen, die in der Vergangenheit zum Wohnen genutzt wurden, jetzt aber leer stehen, werden ebenfalls als Brachflächen bezeichnet.

Im landwirtschaftlichen Sinne werden Grundstücke als brachliegend bezeichnet, wenn sie entweder überhaupt nicht, oder länger als drei Jahre nicht mehr genutzt wurden.¹⁹ Da es für Immobilienbrachen keine genaue Definition der ungenutzten Zeit gibt, wird dieser Zeitraum übernommen. Eine Fläche wird demnach als Brachfläche deklariert, wenn sie mindestens drei Jahre nicht mehr genutzt wurde.

Als Flächenkonversion wird die Rückführung ehemals militärisch genutzter Flächen in eine zivile Nutzung bezeichnet.²⁰ Auch im Bereich der Konversionsflächen muss ein besonderer Fokus auf die Entfernung eventuell vorhandener Kontaminationen und Altlasten durch die militärische Nutzung (z.B. durch Kampfmittel) gelegt werden.

Insgesamt beschreibt diese Art der Nachverdichtung also die Entwicklung von Flächen, die entweder überhaupt nicht, oder nicht entsprechend ihrer städtebaulichen Potentiale genutzt werden. Die ursprüngliche Nutzung der Flächen kann hierbei, wie beschrieben, deutlich variieren.

5. Umbau und Umnutzung

„Umbauten sind Umgestaltungen eines vorhandenen Objekts mit wesentlichen Eingriffen in Konstruktion oder Bestand.“ (§2 HOAI 2013).

Gemäß dieser Definition bleibt bei einem Umbau ein Teil des Bestandsgebäudes erhalten, während andere Teile rückgebaut und neu errichtet werden. Die vorhandene Nutzung kann dabei im Zusammenhang mit einem Umbau entweder beibehalten, oder verändert werden.

¹⁷ Vgl. Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz 2017, S. 34, 42, 46, 60 und 62.

¹⁸ Vgl. König in Umweltbundesamt 2017.

¹⁹ Vgl. LNatSchG NRW §11.

²⁰ Vgl. DBU o.J.

Beispiel für Umbaumaßnahmen sind z.B. die Entkernung eines Gebäudes bis auf die statische Konstruktion mit anschließendem Wiederaufbau der Fassade und einer Neugestaltung des Innenausbaus oder die Zusammenlegung zweier einzelner Wohnungen zu einer großen Wohnung.

Eine Umnutzung liegt vor, wenn die bestehende Nutzung eines Gebäudes geändert wird. Eine Umnutzung ist dabei i.d.R. mit umfangreichen Umbaumaßnahmen verbunden.

6. Ersatzneubau

Der Begriff des Ersatzneubaus beschreibt unterschiedliche Formen des Ersatzes von Bestandsgebäuden. Da diese Arbeit den Fokus auf Wohngebäude legt, wird die Definition gemäß Artt von Bodelschwing herangezogen. Demnach wird beim Ersatzneubau ein bestehendes Wohngebäude rückgebaut, und durch ein neu errichtetes Wohngebäude ersetzt. Der Neubau kann dabei so errichtet werden, dass eventuell vorhandene Bruttogeschossflächen- (BGF)-Potentiale voll ausgeschöpft werden. Wichtig ist, dass Abbruch und Neubau in einem zeitlichen Zusammenhang stehen.²¹

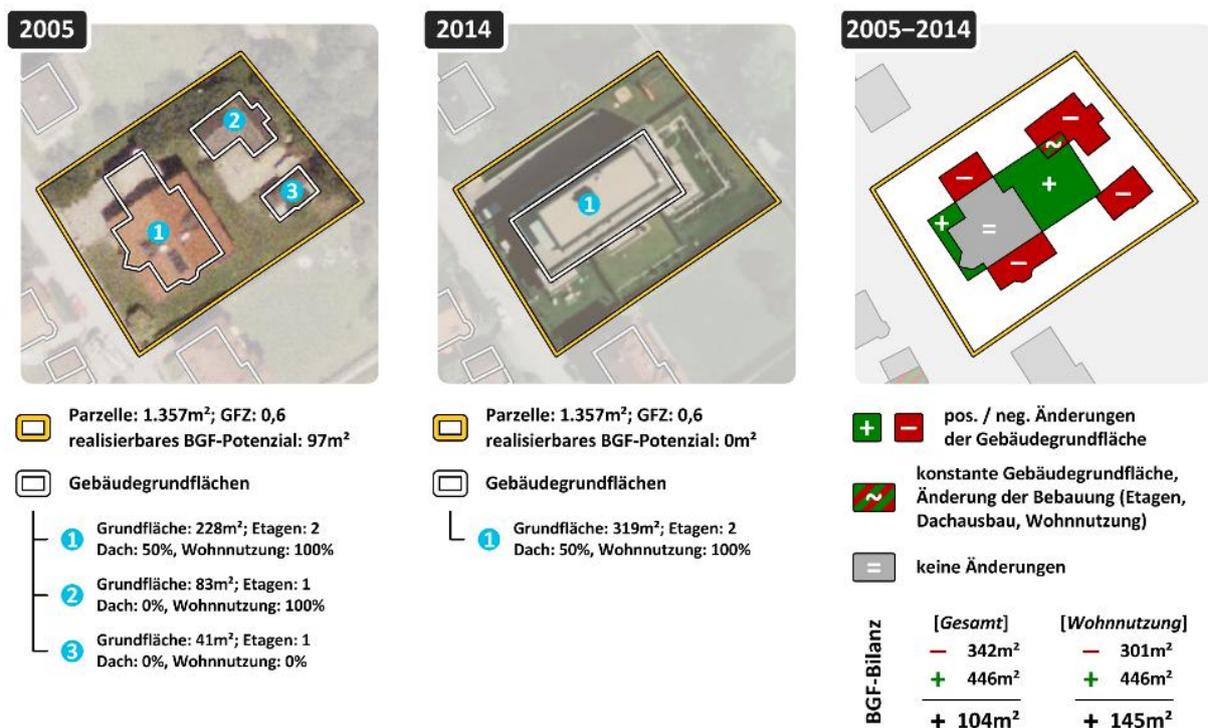


Abbildung 3: Beispiel Abbruch und Ersatzneubau.²²

²¹ Vgl. von Bodelschwing in BBSR 2013, S. 5.

²² Spitzer et al. 2017, S. 386.

Ein Beispiel für einen Ersatzneubau ist in der Abbildung 3 dargestellt. Im Jahr 2005 war das betrachtete Grundstück mit drei freistehenden Gebäuden bebaut. Zwei davon wurden zu Wohnzwecken genutzt. Wie in der Abbildung dargestellt, bestand in dieser Konfiguration ein BGF-Potential für weitere 97 m².

Im Zuge des Ersatzneubaus im Jahr 2014 wurden die drei Gebäude rückgebaut und durch ein einzelnes, größeres Wohngebäude ersetzt. Wie in der Grafik dargestellt, konnte die Gesamt-BGF auf dem Grundstück um 104 m² erhöht werden. In Bezug auf die Wohnnutzung konnte die BGF sogar um 145 m² erhöht werden (durch Umnutzung des nicht zu Wohnzwecken genutzten Bestandsgebäudes Nr. 3).

2.3 Abgrenzung und Begriffsdefinition KI und ML

Systeme, die der KI zuzuordnen sind, können unter Umständen dazu genutzt werden, die automatisierte Identifikation von Nachverdichtungspotentialen zu unterstützen (z.B. durch Bilderkennungssoftware). Im Folgenden werden daher die Begrifflichkeiten, die im Zusammenhang mit KI stehen, definiert und voneinander abgegrenzt.

Künstliche Intelligenz

Die Erforschung der KI beschäftigt sich mit Methoden, die von Computern zur Problemlösung genutzt werden. Hierbei soll der Computer Aufgaben ausführen, die bei Lösung durch einen Menschen, Intelligenz erfordern würden. Die KI beschreibt somit ein „intelligentes“ Problemlösungsverhalten durch ein Computersystem.²³ Das Ziel des Forschungsgebietes der KI ist es dabei, menschliche Wahrnehmung und menschliches Handeln nachzubilden und durch Maschinen ausführen zu lassen.

Maschinelles Lernen

Das Maschinelle Lernen oder Machine Learning ist ein Teilgebiet der KI. ML wird dazu eingesetzt, IT-Systeme zu befähigen, in großen Datenbeständen Muster und Gesetzmäßigkeiten zu erkennen. Die Analyse der Datenbestände erfolgt dabei über einen Algorithmus.²⁴ So wird aus den vorhandenen Daten künstliches Wissen und künstliche Erfahrungen generiert, die dann zur Analyse/ Problemlösung neuer und bisher unbekannter Datenbestände angewendet werden können. Dem IT-System wird demnach ein Verhaltensmuster antrainiert, nach dem es in Zukunft handelt. Damit das künstliche System selbst lernen und Lösungen finden kann, ist jedoch zunächst menschliches Handeln nötig. So muss das IT-System zunächst mit einem

²³ Vgl. Lakes/ Siepermann o.J.

²⁴ Ein Algorithmus ist eine Verfahrensanweisung durch die Probleme in einer definierten Abfolge von Schritten gelöst werden. (vgl. Lübbecke in Gabler Wirtschaftslexikon o.J.).

entsprechenden Algorithmus sowie mit den, zum Lernen relevanten, Daten versorgt werden. Des Weiteren muss festgelegt werden, wie der Datenbestand und Muster analysiert werden sollen. Entsprechend der festgesetzten Regeln und vorhandenen Daten, können mit ML arbeitende Systeme die folgenden Aufgaben übernehmen:²⁵

1. Relevante Daten im Datenbestand finden und Zusammenfassen,
2. Vorhersagen auf Basis der vorhandenen Daten treffen,
3. die Eintrittswahrscheinlichkeiten für verschiedene Ereignisse errechnen,
4. sich eigenständig an Entwicklungen in den Daten anpassen und
5. Prozesse auf Basis der erkannten Muster optimieren.

2.4 CityGML, LoD und AAA-Modell

Im Zusammenhang mit der automatisierten Identifikation von Nachverdichtungspotentialen nehmen grundstücksbezogene Datenquellen (Geobasisdaten) eine zentrale Rolle ein. Hintergrund ist, dass IEP auf ihrer Basis bewertet werden können. Im Folgenden werden daher die wichtigsten Datenquellen vorgestellt.

City GML und LoD

Die CityGML (City Geography Markup Language) ist ein international akzeptierter Standard zur Repräsentation und zum Austausch von virtuellen 3D-Stadtmodellen. Wesentlicher Bestandteil von CityGML sind die Level of Detail (LoD). Die Verwendung verschiedener LoD erlaubt es, die Gebäude und Stadtobjekt in verschiedenen Detaillierungsstufen darzustellen. Für die neueste Version des CityGML (3.0) werden dabei die folgenden LoD genutzt:²⁶

LoD0:

Der erste Detaillierungsgrad, der LoD0 enthält eine 2D-Geländemodell mit 2D-Projektionen bestehender Gebäude. In diesem LoD sind zusätzlich 2,5D-Gebäudedaten, wie z.B. die Gebäudehöhe, die Dachform oder die Anzahl der Stockwerke enthalten.

LoD1:

Als LoD1 wird das Klötzchen-Modell der bestehenden Gebäude bezeichnet. Hier wird die modellierte Grundfläche aus dem LoD0 um die Höhe des Gebäudes ergänzt und nach oben gezogen. Das Dach wird als Flachdach dargestellt.

²⁵ Vgl. Litzel 2016.

²⁶ Vgl. Löwner/ Gröger 2017, S. 1ff.

LoD2:

Das LoD2 beschreibt ein generalisiertes Gebäudemodell, das neben dem 3D-Modell des LoD1 einfache Texturen der Gebäudehülle sowie die genaue Dachform enthält.

LoD3:

Das LoD3 enthält ein vollständiges Architekturmodell des Gebäudes. Das Gebäude wird also inkl. vollständiger Texturen der Außenhülle (inkl. Fenstern usw.) dargestellt. Zusätzlich ist im LoD3 das Innenraummodell der Gebäude enthalten (früher LoD4).

Die unterschiedlichen LoD sind dabei in der folgenden Abbildung schematisch dargestellt.

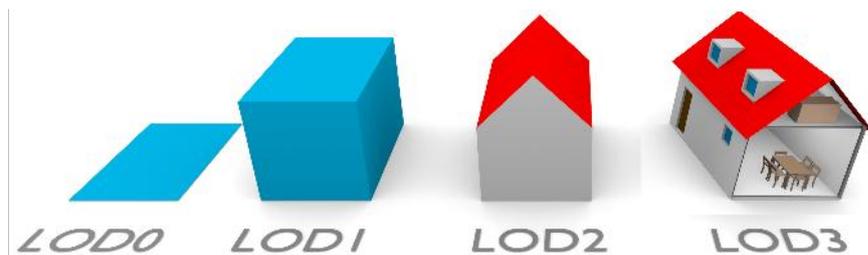


Abbildung 4: Verschiedene LoD.²⁷

AAA-Modell

Das AAA-Modell dient dazu, raumbezogene Basisdaten (Geobasisdaten) in digitaler Form zusammenzuführen und zur Verwendung in der Verwaltung, Wirtschaft und von privaten Nutzern zugänglich zu machen. Das AAA-System wurde eingeführt, um einen bundesweit einheitlichen Grunddatenbestand für die Erfassung von Geobasisdaten zu schaffen.

Das Modell besteht dabei aus den folgenden drei Bestandteilen:²⁸

ATKIS:

Das amtliche Topografisch-Kartographische Informationssystem (ATKIS) beinhaltet ein digitales Landschafts- und Geländemodell, mit dem die Oberfläche der Erde beschrieben wird.

ALKIS:

Im amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) werden die Daten des Liegenschaftskatasters (Liegenschaftsbuch, Liegenschaftskarte) zentral gesammelt und bereitgestellt.

²⁷ in Anlehnung an Biljecki et al. 2016.

²⁸ Vgl. ADV 2019-2.

AFIS:

Im amtlichen Festpunktinformationssystem (AFIS) werden die Festpunkte des geodätischen Raumbezugs geführt.

2.5 Zwischenfazit

Wie beschrieben, erfolgt die Bewertung von Nachverdichtungspotentialen über den Vergleich der Ist-Bebauung mit der rechtlich zulässigen Baumasse. Hierbei sollen Grundstücke identifiziert werden, bei denen die rechtlich zulässige Bebauung nicht vollständig ausgenutzt ist. Um ein vorhandenes Nachverdichtungspotential vollumfänglich zu bewerten muss zudem eine umfangreiche Markt- und Standortanalyse durchgeführt werden. Diese beiden Aspekte der Flächenfindung werden im Zusammenhang dieser Arbeit jedoch nicht weiter betrachtet.

Zudem wurden unterschiedliche Arten der Nachverdichtung vorgestellt. Die verschiedenen Arten der Nachverdichtungen können dabei übergeordnet in zwei Kategorien eingeteilt werden. Die erste Kategorie umfasst die Erweiterung der bestehenden Bebauung und beinhaltet die Aufstockung, die Lückenschließung sowie den Anbau. Die zweite Gruppe umfasst die Neubebauung bzw. Umnutzung eines Grundstücks. Ihr zugehörige Arten der Nachverdichtung sind dabei die Umnutzung, der Umbau sowie die Restflächenaktivierung, Brachflächenbebauung und Flächenkonversion.

Ein Haupthindernis im Zusammenhang mit der Nachverdichtung ist, dass sich die Suche von geeigneten Grundstücken mit Entwicklungspotential oftmals kompliziert gestaltet.²⁹

In diesem Zusammenhang wird im Folgenden geprüft, inwiefern die Suche nach Flächen, die Nachverdichtungspotential aufweisen, automatisiert werden kann. Hierzu werden insbesondere die digitalen, raumbezogenen Basisdaten des AAA-Modells betrachtet. Zudem sollen weitere Datenquellen außerhalb des AAA-Systems auf ihre Verwendbarkeit, im Zusammenhang mit der automatischen Identifikation von Nachverdichtungspotentialen, geprüft werden.

Auch soll ermittelt werden, inwiefern sich neue digitale Methoden der KI dazu eignen, den Identifikationsprozess weiter zu unterstützen.

²⁹ Vgl. Pezzei 2018.

3 Automatische Identifikation von Baulücken und Nachverdichtungspotentialen

Bereits im Jahr 2013 wurden im Zuge einer bundesweiten Befragung zur Abschätzung von IEP konzeptionelle und methodische Vorschläge zur automatischen Identifikation von Nachverdichtungspotentialen entwickelt und getestet. Diese Ansätze wurden dabei vom IÖR entwickelt. Im Folgenden soll das entwickelte Konzept zunächst vorgestellt werden. Im Anschluss werden bestehende Grenzen und Schwächen, sowie die Hauptfehler des entwickelten automatischen Schätzverfahrens aufgezeigt. Abschließend werden Vorschläge zur Verbesserung des Modells und dessen Vorhersagegenauigkeit vorgestellt.

3.1 Vorstellung des automatisierten Verfahrens

Prinzipiell kann ein automatisiertes Verfahren zur Identifikation von IEP auf verschiedenen Geodaten und –diensten basieren. Bei der Auswahl des Dienstes ist zu berücksichtigen, dass die verfügbaren Geodaten maschinenlesbar und –interpretierbar sowie flächendeckend verfügbar sein müssen. Eine gesicherte Fortschreibung ist ebenfalls wichtig. Diese Voraussetzungen führen dazu, dass einige Geoprodukte trotz theoretisch guter Eignung für ein automatisiertes Verfahren nicht zielbringend eingesetzt werden können.

Ein gutes Beispiel hierfür ist das Liegenschaftskartensystem ALKIS. Das System ALKIS enthält unter anderem Informationen über bestehende Flurstücksgrenzen, Gebäude und deren Nutzung sowie über den Zustand von Gebäuden. Neben Baulücken und Nachverdichtungspotentialen, die über Grundstücksgrenzen und deren Bebauung abgeschätzt werden können, ist das Attribut „Zustand“ eine geeignete Quelle für das Monitoring von Brachflächen.³⁰ Im Jahr 2013 wurde ALKIS allerdings nur von sechs der 16 Bundesländer angeboten, wobei nicht alle der genannten Faktoren von den Ländern bereitgestellt wurden. So nahmen nur drei der Bundesländer Attribute auf, die sich auf die Objektart (z.B. „Wohnbaufläche“ etc.) beziehen. Auch die Beschreibung des Gebäudezustandes war nur vereinzelt verfügbar. Das führt dazu, dass ALKIS-Daten prinzipiell gut für eine bundesweite Erfassung der IEP geeignet wären, allerdings zum Zeitpunkt der Studiererstellung nicht flächendeckend verfügbar waren.³¹ Eine Übersicht über verfügbare Datendienste, die Informationen über die Abschätzung von IEP enthalten, sind der Abbildung 5 zu entnehmen. Die Tabelle enthält zudem Informationen zum Inhalt, der räumlichen Auflösung, Aktualität und zur Verfügbarkeit der amtlichen und nichtamtlichen Geodienste.

³⁰ Vgl. BBSR in BBR 2013, S. 102f.

³¹ Vgl. BBSR in BBR 2013, S. 103.

Datenquelle/Geodienst	Inhalt	Räumliche Auflösung	Aktualität der Objektart Tatsächliche Nutzung	Bemerkungen/Name des Dienstes
Geodaten und -dienste				
ALK/ALKIS®	Flurgrenze und Hauptnutzung, Gebäudegrundriss	sehr hoch	gering, gerade in dynamischen Veränderungen teilweise mehrere Jahre alt	Qualität und Aktualität stark abhängig von zuständigem Katasteramt
ATKIS® Basis DLM	Blockgrenze und Hauptnutzung, in wenigen BLs auch Gebäudegrundriss	mittel	Grundaktualität im Mittel < 3 Jahre, Spitzenaktualität wie Straßen < ¼ Jahr	Zentrale Bereitstellung und Homogenisierung durch BKG
3D-Gebäudestruktur	Gebäudegrundriss und Gebäudeattribute wie Firsthöhe	sehr hoch	Abgeleitet aus ALKIS®, derzeit noch nicht einschätzbar	flächendeckend zz. erst in NRW
Hausumringe (HU)	Gebäudegrundriss ohne Attribute	sehr hoch	Unterschiedlich in Abhängigkeit von Aktualität der ALK/ALKIS®	Zentrale Bereitstellung und Homogenisierung durch ZSHH
Adressdienste				
Georeferenzierte Adressdaten	Koordinate des Hauptgebäudes mit Attributen	Wenige Meter, teilweise aber Verschiebungen bis 10 m	< 1 Jahr	Zentrale Bereitstellung und Homogenisierung durch ZSHH (wfs_adressen)
Bilddienste				
Orthophotos (ATKIS-DOP)	Senkrechtaufnahme in 40 bzw. 20 cm Auflösung	Sehr hoch	< 3 Jahre	Zentrale Bereitstellung durch BKG (wms_dop40, wms_dop20)
Google Street map	Straßenansicht	hoch	mittel	www.maps.google.de/help/maps/streetview
Bing maps	Schrägluftbild	In Städten hoch, sonst nur mittel	mittel	www.bing.com/maps

Abbildung 5: Datenquellen für die Abschätzung von IEP.³²

Eine besondere Herausforderung bei der Erfassung von IEP stellt die Erkennung von bebauten Brachflächen dar. Das hat den Hintergrund, dass zur Bewertung des IEP bei Brachflächen, unabhängig von der physischen Struktur, Informationen zur aktuellen Nutzung sowie zum Zustand nötig sind. Da diese Informationen jedoch nicht flächendeckend vorliegen und die Erhebung mit hohem Aufwand verbunden ist, wurde die automatisierte Suche im Forschungsprojekt des IÖR auf die Kategorien „Nachverdichtungspotenziale“ und „Baulücken“ beschränkt.³³ Eine Baulücke weist dabei einen direkten Straßenzugang auf, während Nachverdichtungsflächen nicht über einen direkten Straßenzugang, aber über eine mögliche Zuwegung, verfügen. Obwohl ALKIS-Daten deutlich mehr Informationen enthalten, kam zur automatisierten Identifikation, zum Zeitpunkt der Studiererstellung, nur eine Kombination aus dem digitalen Landschaftsmodell ATKIS Basis DLM³⁴ und den amtlichen Hausumringen infrage.³⁵ Im Folgenden wird der genaue Aufbau des automatisierten Verfahrens zur Identifikation von IEP vorgestellt. Hierzu werden zunächst die benötigten Objekte im ATKIS Basis DLM erläutert. Anschließend wird das Konzept und schließlich der letztliche Workflow der automatisierten Identifikation von IEP beschrieben.

³² BBSR in BBR 2013, S. 104.

³³ Vgl. BBSR in BBR 2013, S. 105.

³⁴ ATKIS Basis DLM steht für Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem Digitales Basis Landschaftsmodell

³⁵ Vgl. Hecht/ Meindel in IÖR 2014, S.105.

3.1.1 Objekte und Modellierung des ATKIS Basis DLM

Im ersten Schritt werden die Objekte des ATKIS Basis DLM beschrieben, die für das Verfahren zur automatisierten Identifikation von IEP notwendig sind. Für das Verfahren werden nur ausgewählte Objekte der beiden Geodatenysteme benötigt. Die wichtigsten Objekte sind dabei:³⁶

Ortslage/ Innenbereichsabgrenzung

Die Objektart „Ortslage“ wird für die Abgrenzung des Siedlungsraumes und somit als erste Näherung zur Abgrenzung des Innenbereichs genutzt, indem der im Zusammenhang bebauter Siedlungsraum abgegrenzt wird. Diese Objektart ist in Deutschland nahezu flächendeckend verfügbar. Die einzige Ausnahme stellt die Stadt Hamburg dar.

Die Abgrenzung des Innenbereichs über dieses Objekt ist notwendig, da eine genaue örtliche Innenbereichsabgrenzung weder flächendeckend, noch zentralisiert vorliegt.

Baulich geprägte Flächen/ Baublöcke

Baublöcke sind als Teilfläche eines überwiegend bebauten Baugebiets, das in der Regel von Straßen und Wegen umschlossen ist, definiert. Im innerstädtischen Bereich werden Baublöcke durch Straßen, in peripheren Lagen durch Flurstücksgrenzen im Übergang zum Freiraum abgegrenzt. Baublöcke sind im ATKIS Basis DLM modelliert und beinhalten angrenzende Verkehrsflächen (Bruttobaublöcke). Für die automatische Identifikation von IEP sind jedoch Nettobaublöcke, ohne Verkehrsflächen, nötig. Baublöcke sind zudem im ATKIS Basis DLM hinsichtlich ihrer Nutzung (z.B. Wohnbaufläche, Industrie- und Gewerbefläche etc.) ausgewiesen.

Straßen (Verkehr)

Bestehende Verkehrswege sind im ATKIS Basis DLM linienhaft zusammen mit der jeweiligen Breite modelliert. Die Breite des Verkehrswegs ist hier jedoch nur numerisch hinterlegt. Der Verkehrsweg wird also nicht maßstäblich dargestellt. Die Dokumentation der Verkehrswegebreite von Gemeindestraßen ist teilweise lückenhaft. Die anderen Straßenklassen sind nahezu vollständig eingemessen.

Gebäude

Weil Baulücken und Nachverdichtungspotentiale vor allem auf unbebauten Grundstücken vermutet werden, ist es von zentraler Wichtigkeit den aktuellen Gebäudebestand zu kennen. Mit den amtlichen Hausumringen und Hauskoordinaten stehen flächendeckend homogenisierte Datensätze, über alle im Liegenschaftskataster geführten Gebäude, bereit. Hierbei werden alle Gebäudegrundrisse in einem Datensatz beschrieben.

³⁶ Vgl. BBSR in BBR 2013, S. 105f. und Hecht/ Meindel in IÖR 2014, S.106.

3.1.2 Konzept zur automatisierten Identifikation von IEP

Nachfolgend wird das Konzept zur automatisierten Identifikation von IEP vorgestellt. Für die Umsetzung einer automatisierten Abschätzung von Flächen mit IEP sind zwei Ansätze, der dichte-basierte und der objektbasierte Ansatz, denkbar.

Dichtebasierter Ansatz

Ziel des dichte-basierten Ansatzes ist es, Baublöcke mit geringen baulichen Dichte zu identifizieren. So kann der Grad der Flächennutzung abgeschätzt werden. Dabei wird der Überbauungsgrad (ÜG) der einzelnen Baublöcke berechnet und mit Kennwerten aus der Städtebauliteratur verglichen. Als Ergebnis wird das Nachverdichtungspotential für jeden Baublock über einen Indikator ausgegeben. Die Gebäudehöhen sowie die Anordnung der Gebäude auf dem Grundstück bleiben hier unbeachtet, was zu einer Überschätzung der Flächenpotentiale führt.³⁷

Die Abbildung 6 zeigt drei verschiedene Baublöcke, welche die gleiche bauliche Dichte aufweisen. Eine Identifikation des IEP über den dichte-basierten Ansatz würde also für alle drei Baublöcke ein gleich großes Nachverdichtungspotential ausweisen. Durch verschiedene Regelungen, wie beispielsweise die Notwendigkeit einzuhaltender Abstandflächen, wäre eine Bebauung des ersten Baublocks jedoch nicht möglich. Sowohl der zweite, als auch der dritte Baublock können jedoch durchaus über Potentialflächen verfügen. Grund dafür ist, dass auf den großen Freiflächen einzuhaltende Abstandflächen umgesetzt werden können. Diese Tatsache führt dazu, dass der dichte-basierte Ansatz für die automatische Identifikation von IEP nicht praktikabel ist.

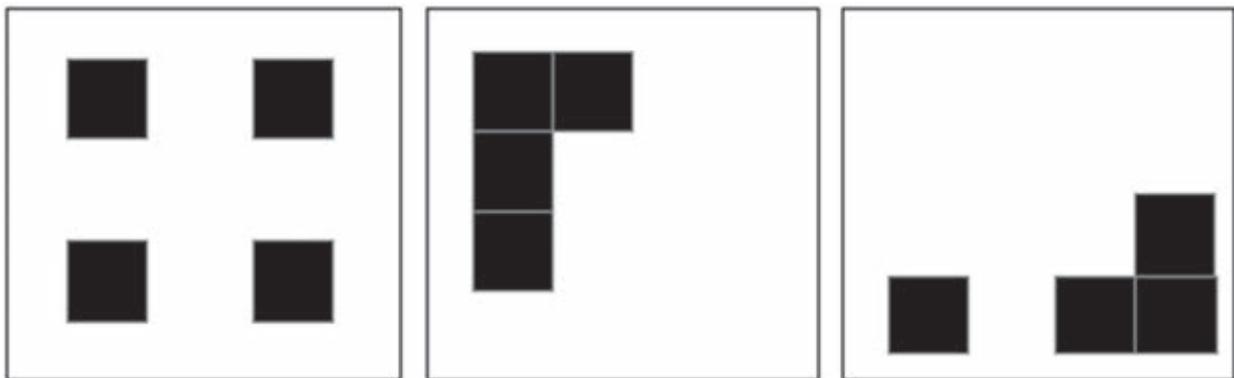


Abbildung 6: Baublöcke mit gleicher baulicher Dichte, aber unterschiedlichem IEP.³⁸

³⁷ Vgl. BBSR in BBR 2013, S. 106.

³⁸ BBSR in BBR 2013, S. 106.

Objektbasierter Ansatz

Der objektbasierte Ansatz bildet hier einen verbesserten Lösungsansatz, weil hier die Anordnung der Gebäude innerhalb der Baublöcke berücksichtigt wird. Mit Hilfe des objektbasierten Ansatzes werden auf Grundlage vorhandener Bebauung, einzuhaltender Abstandsflächen sowie anderen Ausschlussflächen potentiell bebaubare Flächen ausgewiesen. Dadurch, dass der objektbasierte Ansatz weitere Faktoren als die reine Bebauungsdichte berücksichtigt, können konkretere und präzisere Aussagen in Bezug auf Flächen mit real vorhandenem Nachverdichtungspotential getroffen werden. Das führt dazu, dass dieser Ansatz die Basis für die weitere Verfahrensentwicklung bildet.³⁹

3.1.3 Workflow der automatisierten Identifikation von IEP

Nachfolgend wird der Workflow des Systems vorgestellt. Dabei wird die Implementierung der einzelnen Daten und deren Verarbeitung genau beschrieben.

Das entwickelte automatische Verfahren ist modular aufgebaut und wurde programmtechnisch mit einem ArcGIS Modelbuilder-Modell abgebildet. Die Abbildung 7 zeigt den Workflow sowie die Ergebnisse der wichtigsten Verfahrensschritte am Beispiel einer Stadt in Sachsen-Anhalt.

Die beiden Ausgangspunkte des Modells sind zum einen die baulich geprägten Flächen inkl. linienhaft modellierter Straßenobjekte (a) und zum anderen die amtlichen Hausumringe (b).⁴⁰

Im nächsten Schritt werden die einzelnen Ausschlussflächen bestimmt und zusammengefasst (f). Ausschlussflächen sind dabei die Grundflächen aller Gebäude größer 20 m² (c), einzuhaltende Abstandsflächen (d) und bestehende Verkehrsflächen (e).

Im Folgenden erfolgt die Beschreibung der einzelnen Ausschlussflächen, die unter den Buchstaben c-e im Modell umgesetzt wurden.

Grundflächen aller Gebäude größer 20 m²

Die Gebäudegrundflächen als Ausschlussflächen ergeben sich direkt aus den Grundrissen der Hausumringe. Für die Berechnung der Grundfläche werden Gebäude mit einer Grundfläche von weniger als 20 m² kategorisch ausgeschlossen. Dies hat den Hintergrund, dass bei diesen Gebäuden davon ausgegangen wird, dass diese im Zusammenhang mit einer Nachverdichtung entweder rückgebaut oder räumlich versetzt werden.⁴¹ Bei derart kleinen Grundrissen wird davon ausgegangen, dass es sich um Bauwerke mit einem sehr einfachen Aufbau (z.B. Einzelgaragen oder Gartenhäuser) handelt, deren Versetzung baulich einfach und mit einem geringen finanziellen Aufwand verbunden ist.

³⁹ Vgl. BBSR in BBR 2013, S. 106f.

⁴⁰ Vgl. Hecht/ Meindel in IÖR 2014, S. 107.

⁴¹ Vgl. BBSR in BBR 2013, S. 108.

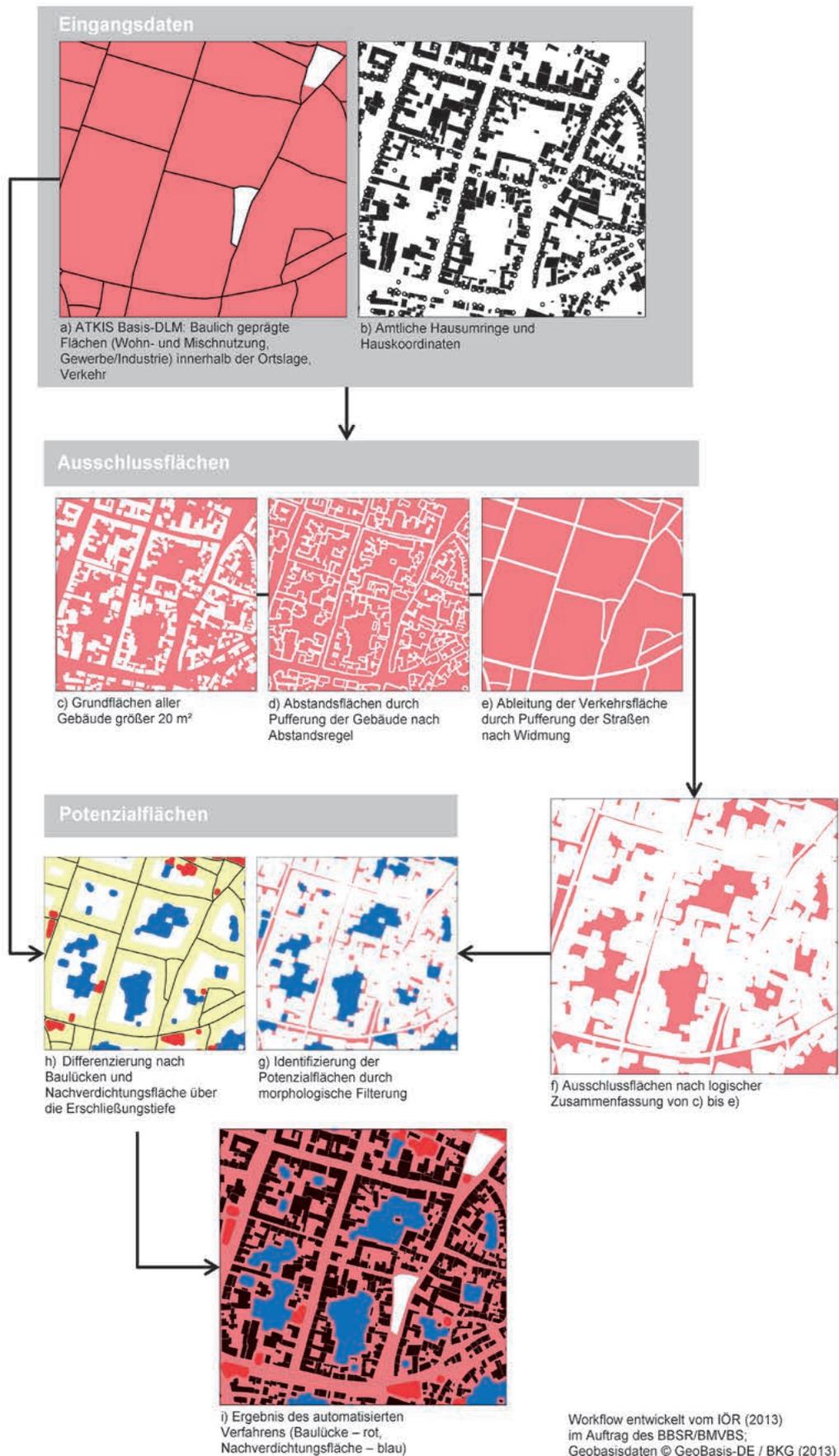


Abbildung 7: Verfahrensschritte der Identifikation von IEP am Beispiel einer Innenstadt in Sachsen-Anhalt.⁴²

Einzuhaltende Abstandsflächen

Die Tiefe der Abstandsflächen bemisst sich nach der Höhe des Gebäudes H ($= 0,4 \times H$, mind. 3 Meter bei Wohngebäuden). Problematisch ist, dass die Gebäudehöhe nicht Teil der amtlichen Hausumringe ist. Zur Bestimmung der Abstandsflächen muss die Höhe also geschätzt werden. Einfamilienhäuser wurden dabei mit einer Höhe von 4,2 m (1,2 Stockwerke \times 3,5 m je Stockwerk) und Mehrfamilienhäuser mit einer Höhe von 10,5 m (3 Stockwerke \times 3,5 m je Stockwerk) angenommen. Die Information, ob es sich bei einem Gebäude um ein Ein- oder Mehrfamilienhaus handelt, ist ebenfalls nicht in den amtlichen Hausumringen enthalten. Die Kategorisierung der Gebäude erfolgt über die Auswertung der Grundflächengröße des jeweiligen Gebäudes. Die Abschätzung der Gebäudehöhe erfolgt somit insgesamt nur grob.⁴³

Ableitung der Verkehrsflächen

Verkehrswege sind im ATKIS Basis-DLM als Linie, ohne zugehörige Fläche festgelegt. Damit sie als Ausschlussfläche deklariert werden können, müssen sie mit der Straßenbreite B gepuffert werden. In den meisten Fällen ist der Wert B im ATKIS-Attribut „Breite der Fahrbahn“ festgelegt. Anzumerken ist, dass die Straßenbreite hier auf 0,5 m gerundet wird. Zusätzlich zur Straßenbreite müssen die Gehwege als Ausschlussfläche definiert werden. Die Breite eines Gehwegs wird dabei pauschal mit 2,5 m angesetzt.

Wie bereits erwähnt, sind nicht alle Gemeindestraßen hinsichtlich ihrer Breite flächendeckend im ATKIS Basis-DLM hinterlegt. Das führt dazu, dass die Breite nicht hinterlegter Straßen anhand der vorliegenden Anzahl an Fahrbahnen geschätzt wird.⁴⁴ Insgesamt ist also festzuhalten, dass auch die Größe der Ausschlussflächen, durch den häufigen Einfluss von Schätzungen, von der reellen Größe der Verkehrswege abweicht.

Die Ableitung der Potentialflächen (g) erfolgt im nächsten Schritt über eine morphologische Filterung der zu betrachtenden Siedlungsflächen, nachdem die Ausschlussflächen abgezogen wurden. In diesem Schritt werden die Flächen zudem hinsichtlich ihrer Form und Größe geprüft. Das hat den Hintergrund, dass ungünstig geschnittene oder zu kleine Flächen, die keine Nachverdichtung zulassen, so direkt aus dem Pool der Potentialflächen entfernt werden können.⁴⁵

Anschließend werden die Potentialflächen in Nachverdichtungsflächen und Baulücken differenziert (h). Die Differenzierung erfolgt dabei über die Entfernung der jeweiligen Fläche zur Straße (A_s). Flächen, die über einen direkten Straßenanschluss (A_s kleiner als 20m) verfügen, werden als Baulücken, Flächen ohne direkten Straßenanschluss als Nachverdichtungsfläche

⁴³ Vgl. BBSR in BBR 2013, S. 108ff.

⁴⁴ Vgl. BBSR in BBR 2013, S. 110.

⁴⁵ Vgl. Hecht/ Meindel in IÖR 2014, S. 107 und BBSR in BBR 2013, S. 110.

bezeichnet. Flächen, die einen Abstand von über 50m zur nächsten Straße aufweisen, erhalten zusätzlich das Attribut „erhöhter Erschließungsaufwand“.⁴⁶ Anzumerken ist, dass im Zuge der Flächenkategorisierung nicht geprüft wird, ob die jeweilige Fläche über einen physisch vorhandenen Zugang zur Straße verfügt. Hier ist nur die kürzeste Entfernung zur nächsten Straße in der Luftlinie relevant.

Im letzten Schritt werden die, durch Verschneidung, entstandenen Splitterflächen (i) zusammengefasst, um als Grundlage für Expertengespräche und für die Anfertigung von Themenkarten zu dienen.

Zusätzlich können die Ergebnisse des automatischen Verfahrens in Kartenform visualisiert werden. Die Abbildung 8 zeigt dabei einen Ausschnitt der Visualisierung, in der Nachverdichtungspotentiale und Baulücken als flächenskalierte Kreissignaturen dargestellt werden. Diese Karten können dann zum Aufbau regionaler oder bundesweiter IEP-Kataster eingesetzt werden.⁴⁷

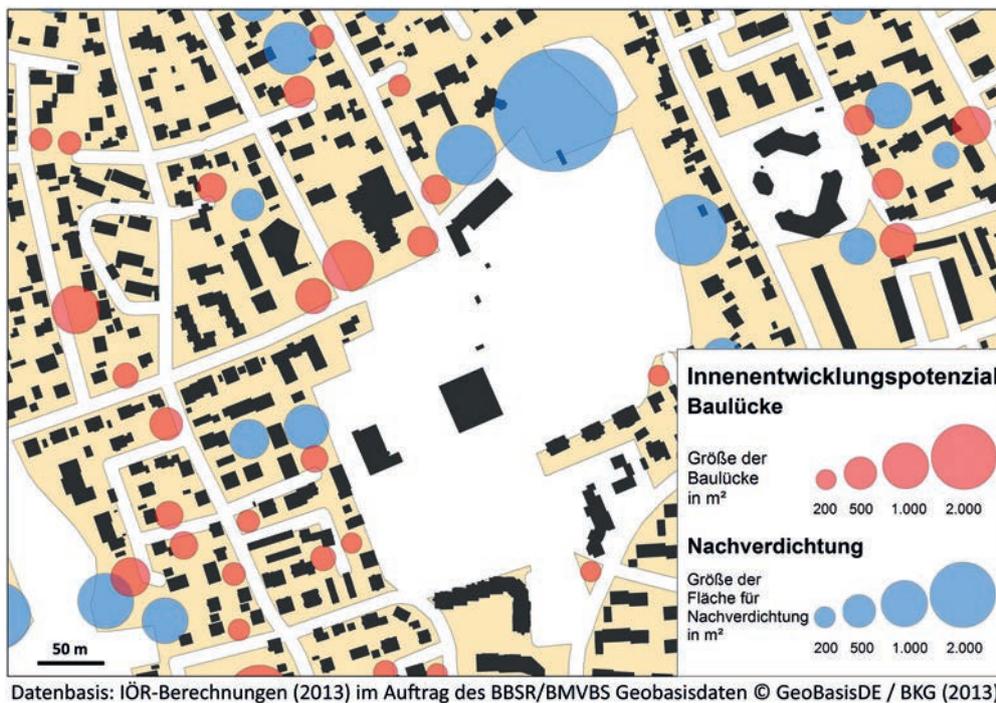


Abbildung 8: Visualisierung der abgeleiteten Nachverdichtungspotentiale.⁴⁸

⁴⁶ Vgl. Hecht/ Meindel in IÖR, 2014 S. 107 und BBSR in BBR 2013, S. 111.

⁴⁷ Vgl. Hecht/ Meindel in IÖR, 2014 S. 107.

⁴⁸ BBSR in BBR 2013, S. 113.

3.2 Verfahrensvalidierung, Identifikation von Schwächen und Grenzen des Verfahrens

Nachdem das Verfahren entwickelt und beschrieben wurde, erfolgt im nächsten Schritt dessen Validierung. Die Verfahrensvalidierung dient dazu, zu prüfen wie zuverlässig und realitätsnah die Ergebnisse der automatisierten Identifikation von IEP sind. Die Validierung erfolgte dabei über den Vergleich der automatisch erhobenen IEP mit ausgewählten Befragungsergebnissen. Fallstudieninterviews zeigten, dass nur etwa ein Drittel der Fallbeispiel-Kommunen plausible Angaben zum bestehenden IEP gemacht haben. Die Validierung des Verfahrens erfolgte daher basierend auf jenen Kommunen, die plausible Befragungsergebnisse geliefert haben. Zudem konnten bei dem Vergleich ausschließlich Baulücken betrachtet werden. Das hat den Hintergrund, dass zum einen Brachflächen nicht automatisiert erfasst werden können und zum anderen das Bestehen von Nachverdichtungsflächen nicht durch die Befragung der Kommunen erfasst worden sind.⁴⁹

Der quantitative Vergleich der IEP zeigt, dass die Anzahl und Flächen der vorhandenen Baulücken teilweise (erheblich) überschätzt werden. Wie hoch die Abweichung der Ergebnisse der automatisierten Identifikation gegenüber denen der Befragung ist, hängt dabei stark von der Größe der jeweiligen Stadt ab. So wurden Mittelstädte durchschnittlich mit einem Faktor von 3,7 und Kleinstädte⁵⁰ mit einem Faktor von 1,4 überschätzt.⁵¹

Die Überschätzung des IEP durch das entwickelte automatisierte Verfahren, ist im Grunde auf fünf Hauptfehlerquellen zurückzuführen, die im Folgenden erläutert werden.

Fehlende Grundstücksgeometrie

Entsprechend der Definition in Abschnitt 2.2 handelt es sich bei Baulücken um unbebaute aber direkt bebauungsfähige Einzelflurstücke bzw. um einen Zusammenschluss mehrerer Flurstücke. Baulücken werden daher immer von Grundstücksgrenzen begrenzt. Durch die Nutzung des ATKIS Basis DLM, als Grundlage für das automatisierte Verfahren, steht die Information über bestehende Grundstücksgrenzen jedoch nicht zur Verfügung. Diese Informationen sind nur im ALKIS-System verfügbar. Eine weitere Ursache für Ungenauigkeiten resultiert aus Flurstücken, die an Verkehrsflächen angrenzen. Dies hat den Hintergrund, dass Straßenbreiten über die Straßenpufferung nur sehr ungenau im Modell wiedergegeben sind.

⁴⁹ Vgl. BBSR in BBR 2013, S. 113.

⁵⁰ Eine Kleinstadt ist eine Stadt mit 5.000 bis 20.000 Einwohnern, eine Mittelstadt ist eine Stadt mit 20.000 bis 100.000 Einwohnern (vgl. Neumair in Gabler Wirtschaftslexikon 2018).

⁵¹ Vgl. BBSR in BBR 2013, S. 114.

Durch die Verwendung eines bundesweiten Datensatzes zu Flurstücken und Flurstücksgrenzen (z.B. ALKIS) könnten diese Schwächen behoben werden, was zu deutlich genaueren Abgrenzungen der Baulücken führt.⁵²

Abstraktionsgrad des ATKIS Basis DLM

Die zweite Fehlerquelle resultiert aus der begrenzten räumlichen und inhaltlichen Auflösung des ATKIS Basis DLM. Der Inhalt des DLM ist dabei im Maßstab 1:25.000 abgebildet. Weil dem Modell zur automatischen Identifikation von IEP bestimmte Erfassungskriterien (z.B. Mindestgröße einer Baulücke) und Modellierungsvorschriften zugrunde liegen, führt diese begrenzte Auflösung zu einem stark vereinfachten Abbild der Realität.

Das führt dazu, dass Erholungs- und Freizeitflächen (wie z.B. Spielplätze oder Grünflächen), versiegelte Fußgängerzonen oder versiegelte Flächen innerhalb von Wohnbauflächen (wie z.B. Parkplätze) nicht innerhalb der Baublöcke abgebildet werden können. Dies führt wiederum dazu, dass sie auch bei der Suche nach IEP nicht als Ausschlussfläche deklariert werden können. Das Modell nimmt also an, dass auf Flächen dieser Art ein Entwicklungspotential besteht.

Zudem werden Verkehrsflächen im ATKIS Basis DLM nur linienhaft modelliert. Die Straßenbreite wird dabei über Pufferung mittels der Verkehrswegbreite (wo vorhanden, ansonsten über Schätzwerte) zuzüglich einer pauschalen Gehwegbreite geschätzt. Da das Vorhandensein von verbreiterten Gehwegen und Parktaschen nicht in die Bestimmung der Verkehrswegbreite eingeht, führt das zu einer Überschätzung von potentiellen Baulücken.⁵³ Die Überschätzung ist dabei darauf zurückzuführen, dass Verkehrswege im System als schmaler eingeschätzt werden, als sich in der Realität sind. Das führt dazu, dass die Größe der Baublöcke überschätzt wird.

Unberücksichtigte Konflikte und Flächenrestriktionen

Weitere Ungenauigkeiten resultieren daraus, dass derzeit keine planungsrechtlichen und topographischen Restriktionen, die auf Grundstücken mit potentiell IEP bestehen, berücksichtigt werden. Eine sehr häufige Fehlerquelle aus diesem Bereich waren IEP, die aufgrund von Hanglagen nicht oder nur sehr schwer erschließbar und realisierbar sind. Auch Flächen, die zu Zwecken des Hochwasserschutzes (z.B. Überschwemmungsflächen) freizuhalten sind, wurden nicht als Ausschlussfläche deklariert. Darüber hinaus sind Kriterien des Immissions-schutzes, an Verkehrswegen und Leitungstrassen zu berücksichtigen.⁵⁴

⁵² Vgl. BBSR in BBR 2013, S. 115f.

⁵³ Vgl. BBSR in BBR 2013, S. 116.

⁵⁴ Ebenda.

Neben den genannten physischen Gegebenheiten auf dem Grundstück, kann die Bebaubarkeit auch durch grundbuchrechtliche Regelungen erheblich eingeschränkt werden. Restriktionen können u.a. aus bestehenden Dienstbarkeiten, wie z.B. einem eingetragenen Geh- und Fahrrecht oder Leitungsrecht, resultieren. Solche Dienstbarkeiten können dazu führen, dass gewisse Teile des Grundstücks nicht bebaut werden können, obwohl eine Bebauung im Sinne des Baurechts legal wäre. Dies ist der Fall, weil das eingetragene Recht durch eine Bebauung nicht mehr durch den Berechtigten genutzt werden kann. Eine weitere Restriktion ist der Unwille oder das Unvermögen (z.B. aus finanziellen Gründen) eines Grundstückseigentümers, sein Grundstück weitergehend zu bebauen.

Ortslage und Innenbereichsabgrenzung

Die Abgrenzung der Innen- und Außenbereiche mit Hilfe der Nutzung der Ortslage aus dem ATKIS Basis DLM, stellt eine weitere Problematik dar. Dies resultiert aus unterschiedlichen Definitionen des Innenbereichs durch das ATKIS Basis DLM im Vergleich zum §34 BauGB. Die Ortslage des ATKIS Basis DLM wird als eine „im Zusammenhang bebaute Fläche“ definiert. Dazu gehören sämtliche bebaute Flächen sowie dazugehörige Verkehrs- und Gewässerflächen. Auch endet die Ortslage erst mit der Flurstücksgrenze direkt an einer Wald- oder Feldlage. Der Innenbereich des §34 BauGB, sowie die dazugehörige Rechtsprechung sieht hier eine erheblich strengere Abgrenzung vor. Zum einen werden hier nur real vorhandene Gebäude und nicht die Flächen, auf denen diese errichtet sind, betrachtet. Zum anderen können nur Gebäude, die dem ständigen Aufenthalt von Menschen dienen, einen Bebauungszusammenhang bilden. Gebäude für die landwirtschaftliche Nutzung sowie Freizeitflächen sind also im ATKIS Basis DLM eingeschlossen und durch den §34 BauGB ausgeschlossen. Das führt dazu, dass der, im Zusammenhang bebaute Ortsteil, in der Realität unmittelbar hinter der letzten Bebauung (im Gegensatz zur Grundstücksgrenze des Basis DLM) endet.

Durch die, im §34 BauGB wesentlich engere Definition des Innenbereichs, als in der flächennutzungsbasierten Abgrenzung der Ortslage (des Basis DLM), kommt es an betroffenen Stellen zu einer Überschätzung der IEP durch das automatisierte Verfahren.⁵⁵

Die beschriebene Problematik der Nutzung der Ortslage zur Bestimmung des Innenbereichs, kann zum Zeitpunkt der Studiererstellung nicht gelöst werden. Auch die Nutzung neuer Datenquellen im Zuge der Modellvalidierung haben zu keiner Verbesserung der Ergebnisse geführt.⁵⁶

⁵⁵ Vgl. BBSR in BBR 2013, S. 117.

⁵⁶ ebenda.

Datenaktualität und -qualität

Die Qualität der verwendeten Datengrundlage nimmt bei der Bestimmung der Innenentwicklungspotentiale eine Schlüsselrolle ein. Informationen über die Flächennutzung werden im Basis DLM standardmäßig in einem 5-Jahres Rhythmus aktualisiert, wobei diese Information zunehmend alle drei Jahre erfasst wird. Die aus dem Katasterbestand stammenden Hausumringe werden jährlich aktualisiert. Zwar ist ein Aktualisierungsturnus von einem Jahr angemessen, durch in der Datengrundlage fehlende Gebäude, kann es dennoch zu einer Überschätzung des IEP kommen. In diesem Zusammenhang besteht zudem die Herausforderung, dass der Gebäudebestand, insbesondere in Ostdeutschland, nicht vollständig erfasst ist. Durch den Einsatz von Ortholuftbildkartierung durch die Länder sollten die fehlenden Gebäude bis zum Jahr 2014 vollständig erfasst worden sein.⁵⁷

Die Tabelle 1 zeigt dabei die genannten Hauptfehlerquelle, inkl. Beispielen und der jeweiligen Wirkung auf die Abschätzung des Innenentwicklungspotentials.

	Beispiele	Wirkung
Fehlende Flurstücksgrenzen	Baulückenabgrenzung (z. B. mehrere Eigentümer, Flurstückszuschnitt)	Über- oder Unterschätzung
Abstraktionsgrad des ATKIS® Basis-DLM	Flächenextensive Industrie-, Gewerbe- und Infrastrukturf lächen (z. B. Abwassertechnische Anlagen, Deponien, Abfallwirtschaft, Kläranlagen, Schrottplatz, Lagerplatz, Nebenflächen)	Überschätzung
	Öffentliche Grün- und Erholungsflächen (z. B. Spielplatz, Stadtgrün, Straßenbegleitgrün)	Überschätzung
	Versiegelte Flächen (z. B. Parkplätze, Stadtplatz, Marktplatz)	Überschätzung
Unberücksichtigte Konflikte	Topographie (z. B. Hangneigung)	Überschätzung
	Hochwasserschutz (Überschwemmungsgebiete, Retentionsflächen)	Überschätzung
	Immissionsschutz (Autobahn, Bundesstraße, Umgehungsstraße, Eisenbahn)	Überschätzung
	Leitungsstrassen (Freileitungsstrassen, unterirdische Leitungen)	Überschätzung
	Altlasten	Überschätzung
Ortslage als Innenbereichsabgrenzung	keine Übereinstimmung mit planungsrechtlicher Abgrenzung nach § 34 BauGB	Über- oder Unterschätzung
	rechtlich im Bebauungsplan gesicherte Grundstücke außerhalb der Ortslage	Überschätzung
Qualitätsprobleme der Datengrundlagen	Aktualitätsprobleme (z. B. fehlende Gebäude in bereits bebauten Gebieten)	Überschätzung
	Kartierungsfehler (z. B. Klinik, Reiterhof, Gärtnerei, Landwirtschaft, Kleingärten/Datschen, Feuchtgebiete)	Über- oder Unterschätzung

Tabelle 1: Bisher unberücksichtigte IEP Restriktionen.⁵⁸

Im Rahmen der Verfahrensvalidierung hat sich gezeigt, dass sich die Identifikation von Nachverdichtungspotentialen insgesamt gut automatisieren lässt. Allerdings neigt das System auch zu einer deutlichen Überschätzung der vorhandenen Innenentwicklungspotentiale.

⁵⁷ Vgl. BBSR in BBR 2013, S. 117.

⁵⁸ BBSR in BBR 2013, S. 116.

3.3 Mögliche Modellverbesserungen

Die Verfahrensvalidierung hat gezeigt, dass mit dem entwickelten Ansatz nur Teile des bestehenden Innenverdichtungspotentials erfasst werden können. Anzumerken ist, dass die meisten identifizierten Fehlerquellen dazu führen, dass das IEP überschätzt wird. Im Folgenden werden Verbesserungsvorschläge, die auf der Nutzung zusätzlicher Daten und Informationen basieren, vorgestellt. Relevante Datenquellen sind dabei zum einen das ALKIS, aber auch Informationen zur Topographie auf dem Grundstück sowie zu Überschwemmungs- und Immissionsflächen.

3.3.1 Nutzung von ALKIS

Eines der Hauptprobleme für die ungenaue Bestimmung der IEP, ist auf die unberücksichtigte Flurstücksgeometrie im ATKIS Basis DLM zurückzuführen. Diese Daten sind im Liegenschaftskataster ALKIS abgebildet und könnten direkt für die Verbesserung des Modells genutzt werden. Zum Zeitpunkt der Studiererstellung stehen diese Daten dem Bund nicht flächendeckend zur Verfügung. Des Weiteren sind die, im ALKIS modellierten Flächen, in Bezug auf ihre Nutzung differenziert. Informationen zur Flächennutzung können dazu genutzt werden um Freiflächen (wie z.B. Spielplätze, Parkplätze oder Grünflächen), die aber kein real vorhandenes Entwicklungspotential aufweisen, direkt als Ausschlussfläche zu deklarieren. Hierdurch werden nur Flächen in den Suchbereich aufgenommen werden, die die gesuchte Nutzung (z.B. Wohnbauflächen) erfüllen können.

Ein weiterer Vorteil der Nutzung von ALKIS als Basis für das Identifikationsverfahren besteht darin, dass Verkehrswege flächenhaft modelliert sind. Es enthält also gesicherte Erkenntnisse über die, von Verkehrswegen eingenommenen, Flächen sowie über die Abgrenzung von Verkehrswegen zum relevanten Suchbereich.

Um das Ausmaß der Verbesserung durch den Einsatz von ALKIS zu analysieren, wurde das System auf eine exemplarische Beispielstadt in Brandenburg angewendet. Brandenburg ist für diesen Vergleich besonders gut geeignet, da ALKIS Daten dort flächendeckend verfügbar sind. Auch sind im ALKIS 2,5D-Informationen zu Gebäuden, wie z.B. der Erdgesosshöhe, Dachform und Objekthöhe, enthalten.

Der erste Schritt der Ermittlung war die Verschneidung der Suchflächen (Wohnbau-, Industrie- und Gewerbenutzung) mit den Flurstücken, aus der der Überbauungsgrad errechnet werden kann. Der Überbauungsgrad ergibt sich dabei aus dem Anteil der von Gebäuden und Bauwerken überdeckten Fläche auf einem Grundstück.

Auf Grundlage des Überbauungsgrades wurden Potentialflächen dann, wie folgt, kategorisiert:

1. ÜG < 3%: Baulücke
2. ÜG 3% bis < 15%: Flächen mit großem Nachverdichtungspotential
3. ÜG 15% bis < 30%: Flächen mit geringem Nachverdichtungspotential
4. ÜG ≥ 30%: Flächen ohne Nachverdichtungspotential.

Ergebnis des Vergleichs war, dass nur 16,4% (4,4 Hektar) des durch ATKIS Basis DLM in Verbindung mit den Hausumringen identifizierte Baulücken auch durch den, auf ALKIS basierendem, Ansatz als Nachverdichtungspotential identifiziert wurde. Anzumerken ist, dass sich diese Zahl nur auf die Kategorie der Baulücke bezieht. Nachverdichtungspotentiale wurden hierbei nicht beachtet. Die Befragung der Gemeinde hat ergeben, dass tatsächlich nur etwa 2,3 Hektar, als Baulücke, für eine Nachverdichtung geeignet sind.

Im Zuge dieses Vergleichs wurde durch eine Luftbildinterpretation ausgewertet, welche Fehlerarten beim ursprünglichen Verfahren am häufigsten vorkamen. Die Validierung hat gezeigt, dass ca. 57% der Fehler auf den zu geringen Abstraktionsgrad des ATKIS Basis DLM und weitere 37% auf das Fehlen von Flurstücksgeometrien zurückzuführen sind. Flächenausschlüsse aufgrund unvorteilhafter Topografien oder durch Überschwemmungsgebiete konnten für diese Gemeinde ausgeschossen werden.⁵⁹ Die genaue Verteilung der Fehlerquellen ist in der Abbildung 9 dargestellt.

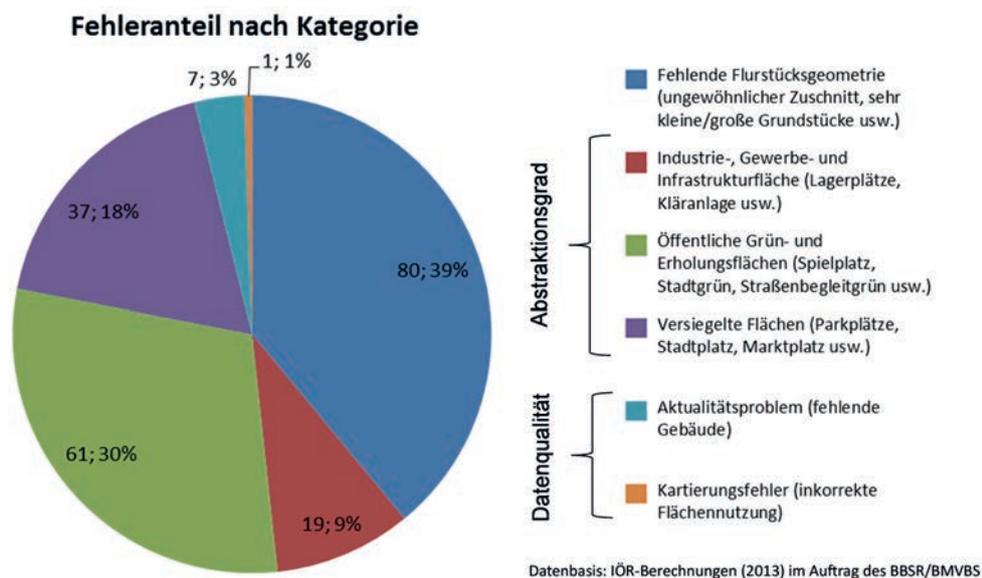


Abbildung 9: Fehleranteile des ATKIS-basierten Schätzverfahren nach Kategorie an einem Fallbeispiel.⁶⁰

Obwohl das Modell auf Basis von ALKIS also insgesamt deutlich präzisere Aussagen über das vorhandene IEP zulässt, werden vorhandene Entwicklungsflächen noch immer überschätzt.

⁵⁹ Vgl. BBSR in BBR 2013, S. 118ff.

⁶⁰ BBSR in BBR 2013, S. 121.

3.3.2 Berücksichtigung der Topographie

Bei der Identifikation von Nachverdichtungspotentialen muss zusätzlich die Grundstückstopographie beachtet werden. Grund dafür ist, dass große Höhenunterscheide auf einem Baugrundstück zu einem erhöhten Erschließungsaufwand führen.

Eine steile Hanglage führt demnach zu einer Reduktion der erzielbaren Wohndichte. Das hat den Hintergrund, dass der Platzbedarf u.a. für Erschließungsanlagen, Rampen, Kehren, Straßen, Böschungen und Entwässerungsanlagen steigt. Aus diesem Grund wurde im Zuge der Modellverbesserung festgelegt, dass Süd-, Ost- und Westhänge ab einer Steigung von >20% und Nordhänge ab einer Steigung von >10% (aufgrund von Besonnungsansprüchen ist die maximale Hangneigung bei Nordhängen geringer) als Ausschlussfläche deklariert werden. Als Datengrundlage für die Grundstückstopographie dient das digitale Landschaftsmodell „DGM10“, das über das Geodatenzentrum, das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, bezogen werden kann.

Ein Praxistest dieser Ausschussregel hat in der getesteten Gemeinde eine Reduktion von ca. 15% der Flächen mit Entwicklungspotential ergeben.⁶¹

3.3.3 Berücksichtigung von Überschwemmungs- und Immissionsschutzflächen

Flächen mit bestehendem Hochwasserrisiko sollten ebenfalls aus den Potentialflächen für Innenentwicklungen ausgeschlossen werden. Damit hochwassergefährdete Gebiete identifiziert werden können, müssen weitere Daten hinzugezogen werden. Gemeinden sind nach §76 Wasserhaushaltsgesetz verpflichtet, Überschwemmungsgebiete amtlich festzulegen. Für die Risikogebiete werden sogenannte Gefahrenkarten erstellt. Durch die flächendeckende Verfügbarkeit bestehender Überschwemmungsgebiete können diese Daten mit vergleichsweise geringem Aufwand in das Modell eingepflegt werden. Der Praxistest in einer Beispielsgemeinde hat gezeigt, dass das Einpflegen von Überschwemmungsgebieten zu einer Reduktion der IEP-Flächen von ca. 17% führt.⁶²

Auch Fragen des Immissionsschutzes, die im bisherigen Modell nicht beachtet wurden, führen zu einer Reduktion der Flächen mit realem IEP. Beispielsweise müssen Hochbauten einen gewissen Mindestabstand zu Bundesstraßen (20 m) und Autobahnen (40 m) einhalten. Da das ATKIS Basis DLM Verkehrswege nach ihrer Art differenziert, können diese einzuhaltenden Abstandflächen nachträglich eingepflegt werden.⁶³

⁶¹ Vgl. BBSR in BBR 2013, S. 121.

⁶² Vgl. BBSR in BBR 2013, S. 121ff.

⁶³ Vgl. BBSR in BBR 2013, S.119.

3.4 Fazit zum bestehenden Ansatz zur automatisierten Identifikation von IEP

Die vorhergehenden Kapitel haben gezeigt, dass eine Abschätzung des Innenentwicklungspotentials mittels eines automatisierten Systems und auf der Grundlage von amtlichen Geodaten möglich ist. Jedoch hat sich auch gezeigt, dass die gewählte Datenbasis mit erheblichen Einschränkungen in der Vorhersagegenauigkeit einhergeht. Hintergrund dafür ist, dass das System dazu neigt, die vorhandenen Potentialflächen aus verschiedenen Gründen zu überschätzen. Die Hauptfehlerquellen waren dabei fehlende Informationen zum Zuschnitt von Flurstücken, unberücksichtigte bauliche Restriktionen, sowie ein zu geringer Abstraktionsgrad des ATKIS Basis DLM.

Im Zuge der Modellverbesserung konnten für einen Teil der auftretenden Probleme Lösungsansätze entwickelt werden, die die Vorhersagegenauigkeit erhöhen. Die Lösungsansätze basieren dabei auf dem Implementieren zusätzlicher Daten (z.B. zur Topographie oder zu Immissionsschutzflächen). Die Genauigkeit kann zudem weiter gesteigert werden, wenn das Liegenschaftskataster ALKIS als Basis für das System verwendet wird. Zum Zeitpunkt der Studiererstellung war dies nicht möglich, da ALKIS-Daten nicht flächendeckend verfügbar und mit hohen Kosten verbunden waren. Seit Dezember 2015 ist ALKIS in allen Bundesländern eingeführt.⁶⁴ Das Liegenschaftsinformationssystem kann demnach als neue Datenquelle zur Identifikation von Nachverdichtungspotentialen genutzt werden.

Im Zuge der Erprobung eines auf ALKIS basierenden Systems hat sich jedoch gezeigt, dass auch dieses System noch zur Überschätzung der IEP neigt. Neben dem Teil der Probleme, die unter Hinzunahme von externen Daten verbessert werden konnten, bleiben einige Fehlerquellen bestehen. Beispielsweise ist eine Identifikation von Brachflächen mit dem entwickelten Ansatz unmöglich. Auch Ungenauigkeiten die aus der Abgrenzung der Ortslage als Innenbereich resultieren, konnten im Zuge der Modellverbesserung nicht gelöst werden.

Neben den, durch das BBSR bzw. IÖR betrachteten Limitationen des Ansatzes zur automatisierten Identifikation von Nachverdichtungspotentialen, konnten zusätzliche Verbesserungen erkannt werden. Diese Verbesserungsbereiche betreffen insbesondere:

1. Alleinige Betrachtung von Baulücken und Nachverdichtungsflächen als IEP

Im Verlauf der Studie wird das automatisierte System nur dazu eingesetzt, um vorhandene Baulücken und Nachverdichtungsflächen (Nachverdichtungsflächen unterscheiden sich dabei nur durch ihre Entfernung zu einem Verkehrsweg von Baulücken) zu analysieren. Wie in Abschnitt 2.2 beschrieben, bestehen jedoch weitere Möglichkeiten zur Nachverdichtung. Dabei besitzen einzelne Möglichkeiten, wie z.B. die Aufstockung, durchaus Potential automatisch erkannt zu werden.

⁶⁴ Vgl. ADV 2019.

2. Keine Beachtung grundbuchrechtlicher Regelungen

Auch verschiedene grundbuchrechtliche Regelungen wirken sich auf das Vorhandensein von Entwicklungsflächen aus. In der vorliegenden Studie fanden derartige Regelungen keine Beachtung.

3. Abschätzung des IEP über den Überbauungsgrad

Im Zuge der Modellverbesserung durch Nutzung von ALKIS wird das Innenentwicklungspotential über den Überbauungsgrad (ähnlich zur Grundflächenzahl) eines Grundstückes abgeleitet. An dieser Stelle werden allgemeine Faktoren eingesetzt, aus denen das IEP abgeleitet wird. Es wird also davon ausgegangen, dass das Baurecht auf allen Grundstücken gleich ist. Tatsächlich ist das zulässige Maß der baulichen Nutzung jedoch nicht auf allen Grundstücken gleich groß. Auch fehlt in dieser Schätzung die Bewertung der Geschossflächenzahl. Da Informationen zum Maß der baulichen Nutzung im Bebauungsplan gegeben sind, können durch den Vergleich von der Ist-Bebauung mit der zulässigen Bebauung deutlich präzisere Ergebnisse erzielt werden.

4. Hinzuziehen neuer Datenquellen

Wie bereits erläutert, konnte die Vorhersagegenauigkeit durch das Hinzuziehen weiterer Datenquellen verbessert werden. Es stellt sich daher die Frage, ob weitere Informationsquellen dazu verwendet werden können, um das System weiter zu verbessern. Hier sind insbesondere erteilte Baugenehmigungen interessant, weil sie viele Informationen über die vorhandenen Gebäude enthalten.

Im nachfolgenden Kapitel sollen diese Verbesserungsvorschläge aufgegriffen und auf ihre theoretische Umsetzbarkeit geprüft werden.

4 Ansätze zur Modellverbesserung

Während der Analyse des vom IÖR entwickelten Verfahrens zur automatisierten Identifikation von Baulücken und Nachverdichtungspotentialen sind einige Aspekte aufgefallen, bei denen Verbesserungspotential in Bezug auf die Vorhersagegenauigkeit des Modells vermutet wird. Der Fokus liegt dabei insbesondere darauf Datenquellen, die nicht im IÖR Verfahren beachtet wurden, sowie neue digitale Werkzeuge und Methoden im Hinblick auf ihre Nutzbarkeit zur Modellverbesserung zu betrachten.

Die Lösungsansätze für die einzelnen identifizierten Modellverbesserungen sind dabei, wie folgt, aufgebaut:

Im ersten Schritt wird der Verbesserungsvorschlag beschrieben. Anschließend erfolgt die Beschreibung der Informationen, welche benötigt werden, um das Modell zu verbessern. Im dritten Schritt wird ein Lösungsansatz unter Zuhilfenahme neuer Daten, digitaler Werkzeuge und Methoden vorgestellt. Anschließend werden bestehende Hindernisse bei der Umsetzung des Lösungsansatzes diskutiert. Im nächsten Schritt werden die Ansätze anhand eines Beispiels verdeutlicht. Abschließend wird die Umsetzbarkeit und Fehleranfälligkeit der einzelnen Ansätze eingeschätzt.

Insgesamt hat sich bei der Betrachtung der Verbesserungsvorschläge gezeigt, dass der Einsatz von Systemen der KI weniger relevant ist, als ursprünglich angenommen. Das hat den Hintergrund, dass nahezu alle benötigten Informationen bereits in verschiedenen Datenquellen vorliegen. Die Notwendigkeit der eigenen Datenerhebung durch z.B. Systeme der Bilderkennung wird hierdurch deutlich geschmälert.

4.1 Vergleich der Ist-Bebauung mit der rechtlich zulässigen Bebauung

Der erste Verbesserungsvorschlag zielt darauf ab, die tatsächlich vorhandene Bebauung mit der rechtlich zulässigen Bebauung zu vergleichen.

Wie im Abschnitt 3.3.1 beschrieben, erfolgt die Bewertung des Nachverdichtungspotentials im bisherigen Modell über den Überbauungsgrad (ÜG Vergleichbar mit der GRZ) eines Grundstückes. Hierbei wird festgestellt, welcher Anteil der Grundstücksfläche bereits überbaut ist. Die Kategorisierung lautet dabei wie folgt. Bei einem ÜG von <3% ist eine Baulücke anzunehmen, bei 3 bis <15% besteht ein großes Nachverdichtungspotential und bei einem Wert von 15 bis <30% weist eine Fläche ein geringes Potential auf. Alle Grundstücke, die zu mehr als 30% bebaut sind, werden als Fläche ohne Nachverdichtungspotential deklariert.⁶⁵ Diese Werte sind jedoch stark verallgemeinert. Im §17 BauNVO werden Obergrenzen für das zulässige

⁶⁵ Vgl. BBSR in BBR 2013, S. 119.

Maß der baulichen Nutzung, in Abhängigkeit vom Baugebiet, in dem sich das zu bewertende Grundstück befindet, festgelegt. Beispielsweise ist in Kleinsiedlungsgebieten (nach §2 BauNVO) nur eine maximale GRZ von 0,2 möglich. In reinen und allgemeinen Wohngebieten (nach §§3 und 4 BauNVO) ist dagegen eine GRZ von 0,4 und in besonderen Wohngebieten (§4a BauNVO) eine GRZ von bis zu 0,6 zulässig. In Kerngebieten (nach §7 BauNVO), die jedoch hauptsächlich der Unterbringung von Handelsbetrieben und Einrichtungen der Wirtschaft, Verwaltung und Kultur dienen, ist eine maximale GRZ von bis zu 1,0 möglich. Diese Obergrenzen zeigen, dass zum einen trotz eines Überbauungsgrades von 30% (teils erhebliche) Nachverdichtungspotentiale bestehen können. Zum anderen besteht die Möglichkeit, dass in manchen Gebieten bereits bei einer Grundfläche, die 20% des Grundstücks einnimmt, kein weiteres Entwicklungspotential mehr besteht. Des Weiteren darf das Nachverdichtungspotential nicht alleine über den Faktor des Überbauungsgrades bestimmt werden. Das hat den Hintergrund, dass der Überbauungsgrad eine zweidimensionale Kennzahl ist, die die Bebauung in der Vertikalen außenvorlässt. Das führt dazu, dass einige Arten der Nachverdichtung, wie z.B. die Aufstockung, nicht beachtet werden. Vorhandene Nachverdichtungspotentiale in diesen Bereichen können also nicht identifiziert werden. Eine genauere Beschreibung, wie die nicht beachteten Arten der Nachverdichtung in das Modell implementiert werden können, ist im Abschnitt 5.3 beschrieben.

Insgesamt ist der gewählte Ansatz über die oben genannte steife Bewertung demnach nicht zielführend und führt zu einer starken Fehlerneigung. Vielmehr ist ein dynamischer Ansatz zu wählen, bei dem ein Abgleich mit dem tatsächlich zulässigen Maß der baulichen Nutzung erfolgt. Das real zulässige Maß der baulichen Nutzung ist dabei, wie erwähnt, vom jeweiligen Gebietstyp und vom Vorhandensein eines Bebauungsplans abhängig.

Des Weiteren müssen auch planungsrechtliche Regelungen, wie z.B. Baulinien und Baugrenzen, mit in die Bewertung einfließen.

Benötigte Informationen und deren Herkunft

Der Vergleich der Ist-Bebauung mit der maximal zulässigen Bebauung umfasst zwei Komponenten. Im ersten Schritt muss die bestehende Bebauung festgestellt werden. Hierbei sind insbesondere die Faktoren der Grundflächenzahl, der Geschossflächenzahl sowie der Anzahl der Vollgeschosse relevant. Die GRZ wird über die Liegenschaftsinformationen des ALKIS gewonnen. Wie im Abschnitt 3.3 beschrieben, eignet sich das ALKIS sehr gut als Datenquelle. Da ALKIS seit Dezember 2015 in allen Bundesländern eingeführt ist, kann es auch als flächendeckende Datengrundlage herangezogen werden.⁶⁶

⁶⁶ Vgl. ADV 2019.

Die Anzahl der Vollgeschosse wird entweder direkt aus dem ALKIS oder über die Gebäudehöhe (im ALKIS und LoD) ermittelt. Eine weitergehende Beschreibung der Datenbeschaffung ist im Abschnitt 4.3.2 zu finden.

Die vorliegende Geschossflächenzahl (GFZ) ergibt sich dann aus der Multiplikation der Grundflächenzahl (GRZ) mit der Anzahl der vorhandenen Vollgeschosse. Anzumerken ist hier, dass es bei dieser Ermittlungsart der GFZ zu Ungenauigkeiten kommen kann. Hintergrund dafür ist, dass einzelne Stockwerke in der Realität nicht zwingend dieselbe Fläche aufweisen müssen. Im nächsten Schritt muss geprüft werden, welche maximale Bebauung auf dem Grundstück rechtlich zulässig ist. Ob ein Gebäude zulässig ist, wird durch das Bauplanungsrecht, die Baunutzungsverordnung sowie durch das Bauordnungsrecht (in Form der jeweiligen Landesbauordnung) geregelt. Eine Regelung über die Genehmigungsfähigkeit von Gebäuden, ist dabei in kommunalen Bebauungsplänen (einfacher oder qualifizierter Bebauungsplan) geregelt. Gibt es keine explizite Regelung, so richtet sich die Zulässigkeit nach den Bestimmungen der §§34 und 35 BauGB.⁶⁷ Das führt dazu, dass zur Datenbeschaffung die folgende Fallunterscheidung getroffen werden muss.

Art der baulichen Nutzung		Anzahl zulässiger Vollgeschosse	
GRZ Grundflächenzahl	WA	II	GFZ Geschossflächenzahl
	0,4	0,7	
maximal zulässige Traufhöhe	TH _{max} = 5,50	FH _{max} = 9,00	maximal zulässige Firsthöhe
Zulässige Haustypen (Einzel- u./o. Doppelhäuser)	E, D	PD, SD, FD, WD	Zulässige Dachformen (Pulldach, Satteldach, Flachdach, Walmdach)

Abbildung 10: Mögliche Festlegungen im Bebauungsplan.⁶⁸

⁶⁷ Vgl. BBSR in BBR 2016, S. 34.

⁶⁸ Lehmkuhl 2017.

1. Es liegt ein qualifizierter oder ein einfacher Bebauungsplan vor, der Angaben zum zulässigen Maß der baulichen Nutzung macht.

Ein qualifizierter Bebauungsplan enthält, gem. §30 BauGB, Informationen über die Art und das Maß der baulichen Nutzung, die überbaubare Grundstücksfläche sowie über örtliche Verkehrsflächen. Fehlt einer der genannten Punkte, handelt es sich um einen einfachen Bebauungsplan. Wenn ein B-Plan (einfach oder qualifiziert) vorhanden ist, ist ein Bauvorhaben zulässig, sobald es den Vorgaben des B-Plans entspricht.⁶⁹ Die Informationen, die ein B-Plan zur Art und zum Maß der baulichen Nutzung enthalten kann, zeigt die Abbildung 10.

2. Es liegt kein Bebauungsplan vor oder die Angaben sind nicht ausreichend

Liegt kein Bebauungsplan vor oder der B-Plan enthält nicht die nötigen Informationen, so bemisst sich die Zulässigkeit der Bebauung nach den §34 BauGB für den Innenbereich, bzw. nach dem §35 BauGB für den Außenbereich. Da diese Arbeit die Nachverdichtung im Innenbereich behandelt, wird die Bebaubarkeit gem. §35 BauGB an dieser Stelle nicht weitergehend behandelt.

Im Bereich der, im Zusammenhang bebauten Ortsteile (§34 BauGB) ist ein Bauvorhaben zulässig, wenn es sich in die nähere Umgebung einfügt. Hierbei sind besonders die Art und das Maß der baulichen Nutzung, die Bauweise und die überbaute Grundstücksfläche relevant. Die Bewertung, ob sich ein Gebäude in die nähere Umgebung einfügt, wird dabei vorrangig an der Größe der Nachbarobjekte festgemacht. Demnach sind insbesondere die Faktoren der Grundfläche, Geschossfläche, Geschosszahl und die Höhe der umliegenden Gebäude relevant.⁷⁰

Das bedeutet, dass eine Nachverdichtung möglich ist, wenn umliegende Grundstücke stärker bebaut sind, als das zu bewertende Grundstück. Liegt kein B-Plan vor, muss das zu betrachtende Objekt also mit dem Maß der baulichen Nutzung auf den umliegenden Gebäuden verglichen werden. Problematisch kann hier die Abgrenzung des Innenbereichs (im Zusammenhang bebauter Ortsteil), sowie die Definition der näheren Umgebung sein.

Implementierung in das Modell

Wie bereits erläutert, erfolgt bei diesem Ansatz ein Abgleich der Ist- mit der zulässigen Bebauung. Für die GRZ erfolgt dies über das ALKIS-System. Um die Geschossanzahl zu ermitteln, wird der im Abschnitt 4.3.2 beschriebene Ansatz verwendet. Die GFZ wird über die Multiplikation der beiden Faktoren bestimmt. Des Weiteren können einige Informationen, die die Ist-

⁶⁹ Vgl. Krüper in Nottge 2016, S. 365f.

⁷⁰ Vgl. BVerwG 2013.

Bebauung eines Grundstücks betreffen, der Baugenehmigung entnommen werden. Die Vorgehensweise hierzu ist im Abschnitt 4.5 beschrieben.

Die Bewertung der Zulässigkeit eines Gebäudes muss dabei nach der verwendeten Datenquelle unterschieden werden.

Liegt ein B-Plan vor, können die Informationen direkt entnommen werden. Bei der Bewertung der maximal bebaubaren Grundfläche muss auf Restriktionen durch Baulinien, Baugrenzen und anderen hinderlichen Regelungen geachtet werden. Durch diese Regelungen kann es zu erheblichen Einschränkungen der Bebaubarkeit eines Grundstückes kommen. Hierbei kann das in Abbildung 11 gezeigte Flurstück mit der Nummer 362/f als Beispiel herangezogen werden. Auf diesem Grundstück sind durch bestehende Baulinien und –grenzen nur zwei Rechtecke bebaubar, die insgesamt einen geringeren Flächenanteil als 20% der Flurstücksfläche (GRZ = 0,2) ausmachen. Es muss daher geprüft werden, ob die durch Baulinien und –grenzen festgelegte Baufläche oder die maximal zulässige GRZ für die Bebaubarkeit maßgeblich ist. Hierzu werden beide Zahlen betrachtet. Die niedrigere Zahl ist dann für die zulässige, maximale Bebauung maßgeblich.

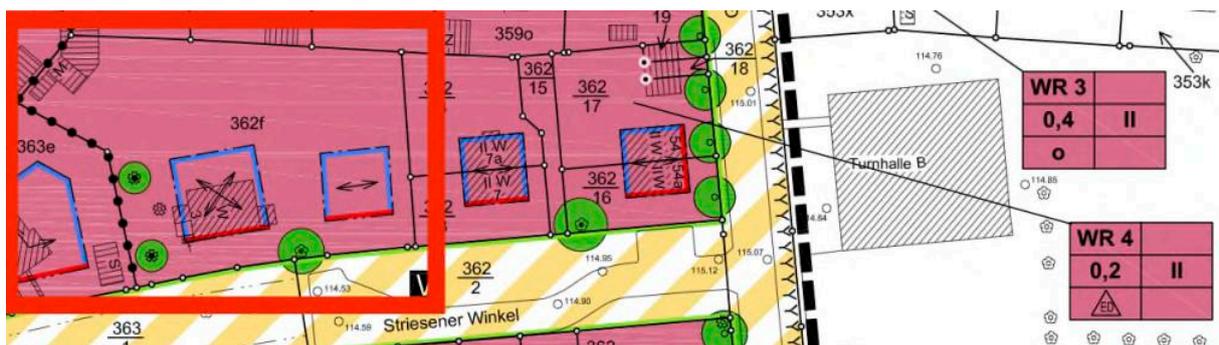


Abbildung 11: Ausschnitt des Bebauungsplans mit der Nummer 90L der Landeshauptstadt Dresden.⁷¹

Liegt keine passende Datenquelle vor, müssen die Information, über den Vergleich mit der Bebauung in der näheren Umgebung geschätzt werden. Komplex kann in diesem Zusammenhang die Definition der näheren Umgebung sein. Hintergrund dafür ist, dass sich die Grenze der näheren Umgebung, in die sich das Bauvorhaben einbetten muss, nicht schematisch festlegen lassen. Das Bauvorhaben muss sich daher immer in die konkrete städtebauliche Situation einfügen.⁷² Da diese Situation dazu führt, dass die Zulässigkeit einer Aufstockung ohne konkreten B-Plan, immer eine Einzelfallentscheidung ist, muss der Ansatz für die Umsetzung im Modell zur automatischen Identifizierung vereinfacht werden. Es wird daher vorgeschlagen, dass zur Betrachtung der Bebaubarkeit alle angrenzenden Grundstücke betrachtet werden. Straßen sollen hierbei keinen Bruch in der Bebauung darstellen. Das bedeutet, dass auch

⁷¹ Landeshauptstadt Dresden 2004.

⁷² Vgl. Hamburgisches OVG 2013.

Grundstücke, die auf der anderen Straßenseite des zu bewertenden Grundstücks liegen, in die Betrachtung einfließen.

Gemäß dem Urteil vom Hamburgischen Obergericht (OVG) vom 22.10.2013, kommt es bei der Beurteilung der Bebauung auf die Ausstrahlungswirkung der Umgebung an.⁷³ Indem auch Grundstücke von der gegenüberliegenden Straßenseite in die Bewertung einfließen, wird dieser Anforderung bestmöglich Rechnung getragen, ohne die praktische Umsetzung unnötig kompliziert zu gestalten.

Wenn ein Grundstück keinerlei Nachbarbebauung aufweist, entspricht es auch nicht den Anforderungen des §34 BauGB. Die Bebauung bestimmt sich demnach nach §35 BauGB. Die Vorgehensweise in diesem Fall soll aber im Zuge dieser Arbeit außen vorgelassen werden.

Um nun das Entwicklungspotential zu bewerten, erfolgt der Vergleich der Kennwerte der Ist- und der zulässigen Bebauung. Als Ergebnis sollen alle Faktoren (Anzahl zusätzlicher Stockwerke, zusätzliche Geschossfläche und Grundfläche) einzeln ausgegeben werden. Auf diese Weise lässt sich die Art des Nachverdichtungspotentials bestimmen. Des Weiteren kann das Potential auf diese Weise besser bewertet werden, als bei einer reinen Betrachtung der absolut realisierbaren Geschossfläche.

Als Beispiel kann ein Grundstück mit einem zehnstöckigen Gebäude, auf dem 500 m² Geschossfläche, maximal 50m² zusätzlicher Grundfläche und kein weiteres Stockwerk realisiert werden können, genannt werden. Zwar besteht ein deutliches absolutes Geschossflächenpotential (500 m²), welches sich jedoch über alle Stockwerke des Gebäudes erstreckt. Das führt dazu, dass sich das vorhandene Potential in der Realität kaum realisieren lässt, weil es nur über einen zehnstöckigen Anbau ausgeschöpft werden kann. Das Potential, bzw. ein Teil davon, könnte auch über ein eigenständiges Gebäude auf dem Grundstück realisiert werden. Ein Grundflächenpotential von 50 m² ist jedoch kaum für ein eigenständiges Gebäude geeignet. Insgesamt führt das dazu, dass diese Potentiale nur durch einen Ersatzneubau realisiert werden können.

In diesem Zusammenhang ist ein automatischer Ausschluss von ungünstigen bzw. nicht realisierbaren Nachverdichtungspotentialen denkbar und sinnvoll. Ein Potential wird hierbei als realisierbar eingestuft, wenn mindestens 100 m² Geschossfläche, die sich auf demselben Geschoss befinden, vorliegt. Bei der Ermittlung muss dahingehend unterscheiden werden, ob zusätzliche Stockwerke realisierbar sind oder nicht. Ist eine Aufstockung möglich, kann ein Geschossflächenpotential von 100m² direkt als ein realisierbares Nachverdichtungspotential deklariert werden. Ist kein zusätzliches Geschoss realisierbar, muss das ermittelte Geschossflächenpotential auf die vorhandenen Stockwerke aufgeteilt werden. Ergibt sich dann ein Potential von 100 m² je Stockwerk, wird das Grundstück als Potentialfläche ausgegeben. Ein

⁷³ Vgl. Hamburgisches OVG 2013.

realisierbares Potential liegt ebenfalls vor, wenn zusätzlich 100 m² Grundfläche und gleichzeitig mindestens 100 m² Geschossfläche bebaut werden können. Das hat den Hintergrund, dass das bestehende Gebäude (inkl. Verkehrsflächen) in diesem Fall erweitert werden, aber auch ein eigenständiges Gebäude auf dem Grundstück errichtet werden kann. Die Grenze wird auf 100 m² Geschossfläche festgelegt, da hier selbst bei einer geringen Flächeneffizienz, eigenständige Wohnungen errichtet werden können. Der Ausschluss von Nachverdichtungspotentialen <100 m² Bruttogeschossfläche wird dabei auch in anderen Werken zur Bestimmung von Nachverdichtungspotentialen angesetzt.⁷⁴ Fällt das ermittelte Flächenpotential kleiner aus, ist jedoch weiterhin die Möglichkeit des Ersatzneubaus denkbar, um das Potential zu realisieren (siehe Abschnitt 4.4.3).

Hindernisse bei der Umsetzung des Ansatzes

Hindernisse im Zusammenhang mit diesem Ansatz resultieren aus beiden Komponenten, die zur Bewertung des Nachverdichtungspotential notwendig sind. Einerseits kann es bei der Analyse der Ist-Bebauung zu Schwierigkeiten kommen. Das trifft insbesondere bei der Ermittlung der Stockwerksanzahl und Geschossfläche zu. Die Komplikationen bei der Bewertung der Stockwerksanzahl werden im Abschnitt 4.3.2 weitergehend erläutert.

Die Schätzung der Geschossfläche über eine Multiplikation von der Grundfläche und der Anzahl der Vollgeschosse kann ebenfalls zu Ungenauigkeiten führen. Diese Ungenauigkeiten resultieren daraus, dass einzelne Stockwerke nicht zwingendermaßen dieselbe Fläche umfassen müssen. Das führt dazu, dass diese Vereinfachung zu Abweichungen der realen, gegenüber der ermittelten Bausubstanz führen kann. Diese Problematik kann jedoch mit Zuhilfenahme weitere Datenquellen minimiert werden. Hierbei bieten sich insbesondere Baugenehmigungen an. Das hat den Hintergrund, dass einem Bauantrag Berechnungen zur bebauten Grundstücksfläche, dem umbauten Raum, der GFZ, der GRZ, sowie der Wohn- und Nutzfläche beizulegen sind.⁷⁵ Inwiefern sich Baugenehmigungen in der praktischen Anwendung als Datenquelle eignen, wird im Abschnitt 4.5 erläutert.

Eine weitere Schwierigkeit kann aus der gewählten Untergrenze von 100 m² Geschossfläche entstehen. So ist es durchaus denkbar, dass auch kleinere Flächen sinnvoll nachverdichtet werden können. Diese Grenze wurde jedoch gewählt, um eine zu starke Kleinteiligkeit in den Nachverdichtungsflächen zu verhindern.

Beispiel für einen Vergleich der Ist- mit der maximal zulässigen Bebauung

Als Beispiel kann das, in Abbildung 12 dargestellte, Flurstück mit der 362/f in Dresden herangezogen werden. Das Flurstück hat eine Fläche von 2.200 m² und ist mit einem Wohngebäude

⁷⁴ Vgl. Spitzer 2017, S. 385.

⁷⁵ Vgl. Bauratgeber Deutschland 2018.

mit einer Grundfläche von 122 m² und einer Garage, die eine Grundfläche von ca. 65 m² umfasst, bebaut.⁷⁶ Insgesamt umfasst das Flurstück ca. 187 m² umbaute Grundfläche, was einer GRZ von etwa 0,085 entspricht. Der ursprüngliche Ansatz würde also durch den maximalen Überbauungsgrad von 30% von einem erheblichen Nachverdichtungspotential ausgehen. Der Ansatz würde ein Potential in Höhe von etwa 473 m² Grundfläche ((0,3-0,085) x 2200 m²) ermitteln. Tatsächlich gilt, durch den bestehenden B-Plan, für dieses Grundstück jedoch eine geringere Bebaubarkeit von 0,2 GRZ.⁷⁷ Die Implementierung dieser GRZ führt also zunächst zu einer deutlichen Reduktion des Flächenpotentials auf 253 m² ((0,2-0,085) x 2200 m²). Zusätzlich zur geringeren Bebaubarkeit, legt der B-Plan für dieses Flurstück noch einzuhaltenende Baulinien und Baugrenzen fest. Das führt dazu, dass nur die begrenzte Fläche, die sich im unteren, rechten Eck des Flurstücks befindet, tatsächlich bebaut werden kann. Die durch die Baulinien und Baugrenzen festgelegte Baufläche umfasst dabei ca. 135m² Grundfläche. Da diese Fläche im Vergleich zur GRZ den kleineren Wert darstellt, ist sie für die Bewertung des Nachverdichtungspotentials maßgeblich. Dieses Beispiel zeigt, dass der ursprünglich verwendete Ansatz vorhandene Potentiale sehr ungenau wiedergibt. In diesem Beispiel wurde das Potential etwa um das 3,5-fache überschätzt. Ebenso ist jedoch eine Unterschätzung des vorhandenen Potentials denkbar (bei GRZ-Werten >0,3).



Abbildung 12: Beispielgrundstück für den Vergleich der Ist-Bebauung mit der maximal zulässigen Bebauung.⁷⁸

⁷⁶ Vgl. Landeshauptstadt Dresden o.J.

⁷⁷ Vgl. Landeshauptstadt Dresden 2004.

⁷⁸ Landeshauptstadt Dresden o.J.

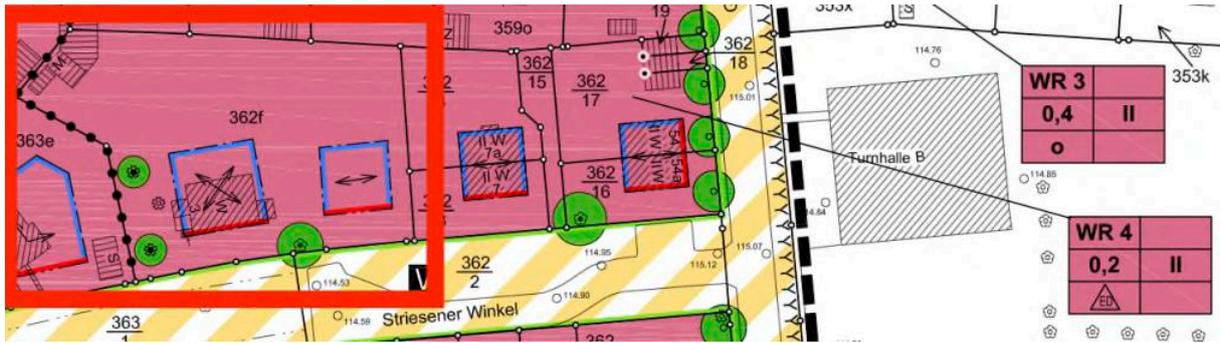


Abbildung 13: Ausschnitt des Bebauungsplans mit der Nummer 90L der Landeshauptstadt Dresden.⁷⁹

Einschätzung der Umsetzbarkeit und Fehleranfälligkeit

Prinzipiell wird bei diesem Verbesserungsvorschlag ein deutliches Potential für die Erhöhung der Vorhersagegenauigkeit vermutet. Das ist insbesondere der Fall, wenn ein B-Plan als Datenquelle herangezogen werden kann. Im Bereich der Bebaubarkeit nach §34 BauGB wird das Verbesserungspotential als etwas geringer eingeschätzt. Das ist darauf zurückzuführen, dass die Bebaubarkeit hier über die vorhandene Baumasse auf den benachbarten Grundstücken geschätzt wird. Tatsächlich ist die Bebaubarkeit in diesen Fällen jedoch im Einzelfall mit der zuständigen Baubehörde abzuklären. Als Hindernis bei der Umsetzung ist die Kleinteiligkeit der Datenbeschaffung in Bezug auf B-Pläne zu nennen. Diese Pläne müssen bei den jeweiligen Gemeinden erfragt und in das System eingearbeitet werden. Trotz dieses Hindernisses wird dieser Ansatz insgesamt als umsetzbar und als sinnvoll eingeschätzt.⁸⁰

Es ist davon auszugehen, dass der Zugewinn an Vorhersagegenauigkeit, der durch die Betrachtung der tatsächlichen Bebaubarkeit entsteht, den hohen Aufwand für die Datenbeschaffung rechtfertigt.

4.2 Ortslage und Abgrenzung des Innenbereichs

Wie im Abschnitt 3.2 erläutert, ist die unterschiedliche Definition der Ortslage gem. ATKIS Basis DLM, im Vergleich zu der Abgrenzung des Innenbereichs nach §34 BauGB, eine Quelle für Ungenauigkeiten im Modell zur automatischen Abgrenzung von IEP. Diese Abgrenzung ist für die Bewertung von IEP allerdings enorm wichtig, da hier bestimmt wird, wie Gebiete in denen kein B-Plan vorliegt, bebaut werden dürfen. Des Weiteren ist diese Abgrenzung relevant, weil sich diese Arbeit insbesondere auf den Innenbereich und somit auf die Bebaubarkeit gem. §34 BauGB bezieht. Ist die Bedingung des Innenbereichs nicht gegeben, wird die Fläche

⁷⁹ Landeshauptstadt Dresden 2004.

⁸⁰ Vgl. Hecht 2019.

im Zusammenhang mit dieser Arbeit somit nicht als Potentialfläche für eine Nachverdichtung angesehen.

Gemäß der geltenden Rechtsprechung zum §34 BauGB endet der Bebauungszusammenhang unmittelbar hinter der letzten Bebauung. Auch können nur Gebäude einen Bebauungszusammenhang bilden, die dem ständigen Aufenthalt von Menschen dienen. So werden Gebäude zur landwirtschaftlichen Nutzung oder für Freizeitnutzungen explizit ausgeschlossen.

Im Gegensatz dazu, wird die Ortslage im ATKIS Basis DLM als, im Zusammenhang bebaute, Fläche beschrieben. Dieser Bebauungszusammenhang besteht dabei neben Gebäuden zum ständigen Aufenthalt für Menschen (z.B. Wohnen, Büro- und Gewerbeflächen etc.) auch bei Flächen des Verkehrs, Flächen für Erholung, Sport und Freizeit und unter Umständen selbst bei Vegetationsflächen. Die zuletzt genannten Flächen sind jedoch in der deutlich enger gefassten Definition des §34 BauGB ausgeschlossen.⁸¹

Die abweichende Festlegung der Innenbereichsabgrenzung resultiert daraus, dass die spezielle Nutzung eines Grundstücks im ATKIS Basis DLM nicht erfasst wird. Demnach können Nutzungen, die nicht dem ständigen Aufenthalt von Menschen dienen (z.B. Ställe, Scheunen oder Garagen), nicht ausgeschlossen werden. Weitere Ungenauigkeiten rühren daher, dass u.a. Verkehrsflächen, Gewässer- und Vegetationsflächen des ATKIS Basis DLM als „im Zusammenhang bebaut“ angesehen werden.⁸²

Im Zusammenhang mit der IÖR Studie zur automatischen Identifikation von IEP wird beschrieben, dass zur Zeit der Studiererstellung keine Möglichkeit besteht, die unterschiedlichen Sichten auf die Innenbereichsabgrenzung anzugleichen. Es wird jedoch in diesem Zusammenhang auch beschrieben, dass diese Abgrenzung für einen vergleichsweise kleinen Anteil der Fehler verantwortlich ist.⁸³

Benötigte Informationen und deren Herkunft

Wie bereits beschrieben, ist die Information über die genaue Nutzung eines Gebäudes essentiell, um bewerten zu können, ob es dem ständigen Aufenthalt von Menschen dient. Im ALKIS besteht die Möglichkeit, die enthaltenen Gebäudeinformationen um die genaue Nutzung zu erweitern. In der ersten Ebene werden die drei Hauptfunktionen „Wohngebäude“, „Gebäude für Wirtschaft und Gewerbe“ und „Gebäude für öffentliche Zwecke“ beschrieben. Diese drei Hauptfunktionen sind dabei ein Teil des Grunddatenbestands und daher von jedem Bundesland eingeführt. In der zweiten Stufe sind diese drei Hauptnutzungen in insgesamt über 250 Einzelfunktionen aufgegliedert, die die genaue Nutzung des Gebäudes beschreiben.⁸⁴ Diese Einzelfunktionen sind jedoch nicht Teil des Grunddatenbestands. Das führt dazu, dass die

⁸¹ Vgl. BBSR in BBR 2013, S. 117.

⁸² Vgl. ADV o.J.

⁸³ Vgl. BBSR in BBR 2013, S. 119.

⁸⁴ Vgl. ADV 2015, S. 25ff.

Verfügbarkeit zum einen von Bundesland zu Bundesland unterschiedlich und zum anderen sehr lückenhaft ist.

Eine andere Quelle, aus der die genaue Nutzung eines Gebäudes für ganz Deutschland flächendeckend hervorgeht, ist nicht bekannt.

Eine weitere Möglichkeit, die zur Abgrenzung von Innen- und Außenbereichen herangezogen werden kann, ist eine bestehende Innenbereichssatzung. Die Innenbereichssatzung ermöglicht es einer Gemeinde, die Grenzen des Innenbereichs im Gemeindegebiet verbindlich festzulegen. Durch eine Innenbereichssatzung können zudem Flächen, die eigentlich dem Außenbereich nach §35 BauGB angehören, als Innenbereich deklariert werden.⁸⁵ In der Abbildung 14 ist ein Beispiel für eine Innenbereichssatzung dargestellt. Im Jahr 2004 wird eine Innenbereichssatzung, die den gesamten Ortsbereich Costedt in der Stadt Porta-Westfalica umfasst, beschlossen. Im Jahr 2018 ist der markierte Änderungsbereich per Innenbereichsfassung zum Innenbereich des Ortsteils „Costedt“ deklariert worden, sodass sich die Bebauung zukünftig am §34 BauGB orientiert.⁸⁶

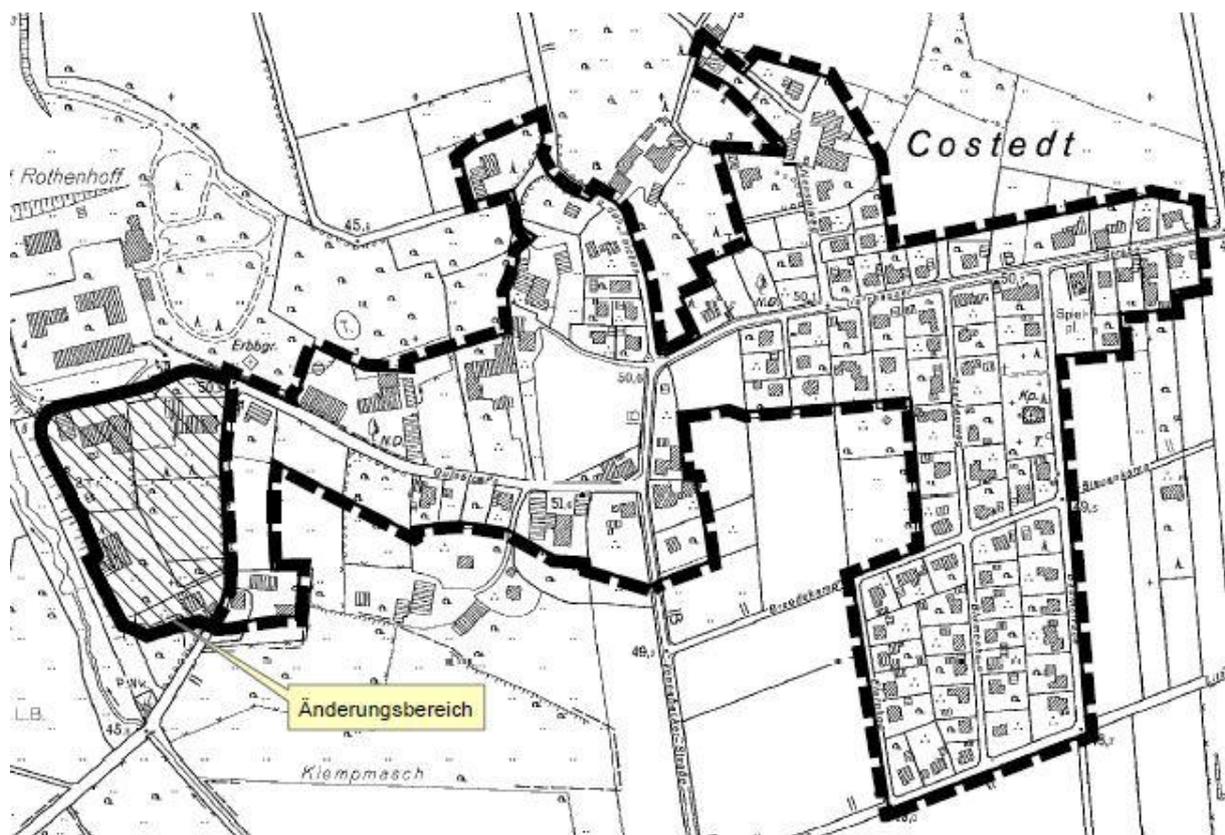


Abbildung 14: Innenbereichssatzung Costedt.⁸⁷

⁸⁵ Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr 2019.

⁸⁶ Vgl. Stadt Porta Westfalica 2018.

⁸⁷ Stadt Porta Westfalica 2018.

Im Zusammenhang mit der Innenbereichssatzung ist jedoch anzumerken, dass es keine Aufstellung über verfügbare Satzungen gibt. Auch ist der Innenbereich nicht flächendeckend über alle Gemeinden auf diese Weise festgelegt.

Implementierung in das Modell

Wie im vorhergehenden Absatz beschrieben, ist zurzeit kein Ansatz bekannt, über den eine genaue Abgrenzung des Innen- und Außenbereichs flächendeckend erfolgen kann. Das Problem kann derzeit also nicht vollumfassend gelöst werden. Lediglich eine Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit ist denkbar. Die Vorgehensweise zur Verbesserung des ursprünglichen Vorschlags sieht dabei wie folgt aus.

Im ersten Schritt werden bekannte Innenbereichssatzungen in das Modell übernommen, da sie verbindliche Informationen und feste Abgrenzungen zwischen den beiden Bereichen schaffen. Für die übrigen Flächen, die vermutlich den größten Teil der Innenbereiche umfassen, erfolgt die Abgrenzung über einen modifizierten Ansatz zur Bestimmung der Ortslage aus dem ATKIS Basis DLM.

Die Ortslage wird im ATKIS Basis DLM wie folgt definiert:

„Im Zusammenhang bebaut Fläche mit einer Ausdehnung von mindestens etwa 10 ha oder 10 Anwesen.

Ortslage enthält neben 'Wohnbau-', 'Industrie- und Gewerbefläche', 'Fläche gemischter Nutzung', 'Fläche besonderer funktionaler Prägung' auch die dazu in einem engen räumlichen und funktionalen Zusammenhang stehenden Flächen des Verkehrs, der Gewässer, der Flächen, die von 'Bauwerke und sonstige Einrichtungen' für Erholung, Sport und Freizeit sowie von 'Vegetationsflächen' belegt sind.“ ADV o.J.

Gemäß der Rechtsprechung zum §34 BauGB werden jedoch nur Gebäude beachtet, die dem ständigen Aufenthalt von Menschen dienen. Das führt dazu, dass die in der Ortslage enthaltenen Flächen, die nicht dem ständigen Aufenthalt von Menschen dienen, nicht mehr als Flächen gelten, die einen Bebauungszusammenhang bilden. Das betrifft insbesondere Flächen des Verkehrs, der Gewässer, von 'Bauwerken und sonstige Einrichtungen' für Erholung, Sport und Freizeit sowie 'Vegetationsflächen'. Die ‚Flächen besonderer funktionaler Prägung‘ werden dabei auch weiterhin als zusammenhangsgebend gewertet. Das hat den Hintergrund, dass sich auf diesen Flächen unter anderem Krankenhäuser, Universitäten oder Haftanstalten befinden können. Diese Flächen können also durchaus dem Aufenthalt von Menschen dienen. Durch diese Anpassung soll eine Minimierung der Überschätzung aus einer ungenauen Abgrenzung von Innen- und Außenbereich erreicht werden. Eine genaue Abgrenzung ist nur denkbar, wenn die genaue Nutzung aller Gebäude bekannt ist.

Hindernisse bei der Umsetzung des Ansatzes

Wie beschrieben, konnte kein Ansatz für eine genaue, flächendeckende Abgrenzung von Innen- und Außenbereichen aufgestellt werden. Grund dafür ist ein Mangel an den hierfür notwendigen Informationen. Aus diesem Grund konnte keine abschließende Lösung, sondern nur ein Vorschlag zur Verbesserung des bestehenden Systems geliefert werden. Für eine vollumfängliche Lösung stehen zurzeit nicht alle benötigten Informationen bereit. Vor dem Gesichtspunkt, dass das IÖR von einem eher untergeordneten negativen Effekt, aufgrund der fehlerhaften Abgrenzung, ausgeht, wird die Modellverbesserung im o.g. Umfang jedoch als ausreichend angesehen.

Einschätzung der Umsetzbarkeit und Fehleranfälligkeit

Insgesamt stellt die automatisierte Abgrenzung der Innen- und Außenbereiche eine deutliche Schwierigkeit dar, an der auch heute, sechs Jahre nach dem Erscheinen der Studie noch geforscht wird.⁸⁸ Wie erwähnt, konnte auch im Zusammenhang dieser Arbeit kein vollumfänglicher Ansatz zur Behebung dieses Problems entwickelt werden. Die aufgezeigten Verbesserungsvorschläge lassen sich dagegen vermutlich gut umsetzen.

4.3 Nicht beachtete Arten der Nachverdichtung

Das entwickelte Verfahren zur Abschätzung von IEP auf Basis des ATKIS Basis DLM, in Verbindung mit amtlichen Hausumringen, ist auf die Abschätzung von Baulücken und Nachverdichtungsflächen beschränkt. Bei Baulücken und Nachverdichtungsflächen handelt es sich jeweils um Grundflächen, die gänzlich unbebaut sind. Die Unterscheidung der beiden Flächen erfolgt dabei lediglich über deren Abstand zu einer Straße A_s ($A_s < 20\text{m}$ = Baulücke, A_s 20m bis 50m = Nachverdichtungsfläche, $A_s > 50\text{m}$ = Nachverdichtungsfläche mit erhöhtem Erschließungsaufwand).⁸⁹

Wie im Abschnitt 2.2 beschrieben, bestehen allerdings weitere Arten der Nachverdichtung, die bei der Studiererstellung bisher keine Beachtung fanden. Die Erkennung von bebauten Brachflächen wird kurz angesprochen. Allerdings wird auch beschrieben, dass eine Erkennung derzeit unmöglich ist.

Im Folgenden sollen die einzelnen, nicht beachteten, Arten der Nachverdichtung aufgegriffen und hinsichtlich ihrer automatisierten Auslesbarkeit untersucht werden.

⁸⁸ Vgl. Hecht 2019.

⁸⁹ Vgl. BBSR in BBR 2013, S. 105 und S. 111.

4.3.1 Brachflächen

Damit bebaute Brachflächen erkannt werden können, muss bekannt sein, ob ein Objekt genutzt wird oder nicht. Zur Bewertung der Gebäudenutzung bestehen verschiedene Möglichkeiten. Eine Möglichkeit ist die Interpretation von Luftbildern zusammen mit einer Vorortbegehung. Diese Methode funktioniert weitestgehend über die Bewertung des Zustandes eines Gebäudes bzw. über das Vorhandensein von Verfallserscheinungen oder Anzeichen einer Nutzung. Eine weitere Methode zur Analyse der Gebäudenutzung besteht in der Feststellung und Bewertung von Aktivitäten auf dem Grundstück. Dies könnte beispielsweise über den Vergleich, zu unterschiedlichen Zeiten aufgenommener, Luftbilder durchgeführt werden. Beide Ansätze lassen sich dabei mittels Bilderkennung automatisieren.

Die dritte Möglichkeit erfolgt über die Auswertung von externen Ver- und Entsorgungsleistungen eines Gebäudes. Bis auf wenige Ausnahmen bezieht jedes genutzte Gebäude verschiedene Ver- und Entsorgungsleistungen wie z.B. die Strom- und Wasserversorgung oder die Müll- und Abwasserentsorgung. Da diese Leistungen nur bezogen werden, wenn ein Gebäude tatsächlich genutzt wird, kann bei fehlender Inanspruchnahme darauf geschlossen werden, dass ein Objekt derzeit leer steht. Durch eine Betrachtung der historischen Inanspruchnahme dieser Leistungen kann außerdem geschlussfolgert werden, wie lange das Grundstück schon ungenutzt ist. Die Bewertung der Nutzungshistorie ist in diesem Zusammenhang relevant, weil Flächen zunächst drei Jahre ungenutzt sein müssen, um als Brachfläche bezeichnet zu werden.

Weil die dritte Möglichkeit vermutlich am einfachsten umzusetzen und zu automatisieren ist und zudem eine Betrachtung der Nutzungshistorie zulässt, wird dieser Ansatz zur Bewertung der Gebäudenutzung gewählt und im Folgenden beschrieben.

Benötigte Informationen und deren Herkunft

Die Bewertung der Gebäudenutzung über die Auswertung von Nutzungsdaten erfolgt dabei wie folgt:

Wird ein Gebäude mit Strom und Wasser versorgt oder fallen Abwässer und Abfälle an, so kann davon ausgegangen werden, dass das Gebäude genutzt wird. Die Bewertung der Nutzung soll im Folgenden über die Dienstleistungen der Wasserversorgung sowie über die Müllentsorgung erfolgen. Die Stromversorgung wird hierbei bewusst ausgeschlossen. Dies liegt daran, dass die Stromversorgung in Deutschland, seit der Liberalisierung des Energiemarktes im Jahr 1998, zu einem großen Anteil in der Hand von Privatunternehmen liegt.⁹⁰ Die Leistung der Wasserentsorgung wird zur Bestimmung der Gebäudenutzung ebenfalls ausgeschlossen. Das hat den Hintergrund, dass die Bestimmung der Abwassermenge oftmals über

⁹⁰ Vgl. Bodinek 2019.

den sogenannten Frischwassermaßstab bestimmt wird. Die Erzeugung von Abwasser wird dabei nicht separat erfasst.⁹¹

Im Bereich der Abfallentsorgung tragen Kommunen als öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger die Verantwortung für die Entsorgung der Abfälle privater Haushalte sowie aus sonstigen Herkunftsbereichen.⁹² Das führt dazu, dass private Haushalte dazu verpflichtet sind, ihre Abfälle den Kommunen zu überlassen, sofern sie nicht auf dem eigenen Grundstück verwertet werden (z.B. Eigenkompostierung). Auch die Abfälle zur Beseitigung aus sonstigen Bereichen (z.B. Gewerbe- und Industriebetriebe) sind überlassungspflichtig, sofern sie nicht durch den Erzeuger selbst beseitigt werden. Lediglich Abfälle, die aus sonstigen Bereichen stammen und weiter verwertet werden können, sind nicht überlassungspflichtig. Hier kann der Erzeuger private Unternehmen mit der Verwertung beauftragen.⁹³

Auch die Wasserversorgung ist weitestgehend in staatlicher Hand. So waren im Jahr 2013 etwa 99% der deutschen Bevölkerung an die öffentliche Wasserversorgung angeschlossen.⁹⁴ Betrieben steht es hingegen frei, woher sie ihr Wasser beziehen. Allerdings beschränkt sich die nichtöffentliche Wasserversorgung größtenteils auf Unternehmen der Energieerzeugung, der Industrie sowie des Bergbaus. Anzumerken ist hier, dass selbst diese Unternehmen i.d.R. nicht nur selbstgewonnenes Wasser nutzen, sondern zusätzlich an die öffentliche Wasserversorgung angeschlossen sind.⁹⁵

Dadurch, dass die nötigen Daten bereits in staatlicher Hand bzw. bei öffentlich-rechtlichen Unternehmen liegen, lässt sich die Zusammenarbeit im Hinblick auf die Implementierung in das Modell beschleunigen.

Wie erläutert, beziehen fast alle genutzten Gebäude in Deutschland die oben genannten Leistungen. Des Weiteren ist davon auszugehen, dass die Ver- und Entsorgungsunternehmen, aus Gründen der Bereitstellungsplanung sowie Rechnungsstellung, über die hier benötigten Informationen zu den einzelnen Lieferadressen verfügen. Durch die Lieferadressen können Bezugsdaten somit direkt den einzelnen Grundstücken zugewiesen werden. Auch wird davon ausgegangen, dass sich die wenigen Gebäude, die nicht ans öffentliche Trinkwassernetz angeschlossen sind, nicht im Innenbereich der Städte befinden und somit für diese Arbeit nicht relevant sind. Insgesamt sind diese Informationen gut geeignet, um abzuschätzen, ob ein Gebäude genutzt wird oder nicht.

⁹¹ Vgl. S & P Consult GmbH o.J.

⁹² Vgl. BMU 2016.

⁹³ Ebenda

⁹⁴ Vgl. Umwelt Bundesamt 2015.

⁹⁵ Vgl. Umwelt Bundesamt 2017.

Implementierung in das Modell

Damit eine Bewertung der Nutzung erfolgen kann, müssen die Daten direkt einem bestimmten Gebäude bzw. Grundstück zugeordnet werden. Auf diese Weise können brachliegende Grundstücke direkt im Modell markiert werden, um so eine visuelle Ausgabe zu ermöglichen. Gemäß der Definition einer Brachfläche im Abschnitt 2.2 wird ein Grundstück nach drei Jahren der Nichtnutzung als brachliegend deklariert. Durch diese Mindestzeit der Nichtnutzung wird verhindert, dass das System Gebäude während eines normalen Mieter- oder Nutzerwechsels als brachliegend kennzeichnet. In diesem Zusammenhang muss auch die Thematik des spekulativen Leerstands⁹⁶ erwähnt werden. Es ist denkbar, dass ein Grundstück nicht genutzt wird, obwohl eine Nachfrage dafür besteht. Ob ein Objekt aus spekulativen Gründen brachliegt, muss dabei im Zuge einer Due Diligence im Einzelfall geprüft werden.

Hindernisse für die Umsetzung des Ansatzes

Die zwei Haupthindernisse für die Umsetzung sind zum einen eventuelle Probleme durch mangelnde Datenaktualität und Verfügbarkeit, zum anderen mögliche Konflikte mit dem einzuhaltenden Datenschutz. Die Datenschutz-Problematik kann eventuell entschärft werden, indem die Daten nicht für die Gebäudenutzer, sondern für das Gebäude selbst erhoben werden. Des Weiteren könnten die Informationen auf die reine Inanspruchnahme von Leistungen reduziert werden. Es wird nur ermittelt, ob für ein Gebäude Leistungen erbracht werden. Umfang und Inhalt der bezogenen Leistung wird damit nicht preisgegeben. Die genaue datenrechtliche Situation muss separat geprüft werden.

Beim Thema der Datenverfügbarkeit ist eine Zusammenarbeit mit den Kommunen bzw. den entsprechenden Betrieben der Wasser- und Abfallwirtschaft notwendig.

Aus Gründen der Rechnungsstellung und Bereitstellungsplanung ist davon auszugehen, dass die Kommunen bzw. die ver- und entsorgenden Unternehmen stets über aktuelle Aufstellungen der zu beliefernden Gebäude verfügen. Indem das Modell zur Identifikation von IEP diese Aufstellungen direkt als Datengrundlage nutzt, könnte also eine hohe Aktualität gewährleistet werden.

Beispiel für ein Potential durch Brachflächenaktivierung

Als Beispiel für eine Brachflächenaktivierung wird das Pfaffgelände in Kaiserslautern herangezogen. Derzeit besteht kein Zugang zu Informationen über erbrachte Ver- und Entsorgungsleistungen zu diesem Objekt. Daher wird der Flächenstatus im Zuge dieses Beispiels über eine Vorortbegehung ermittelt.

⁹⁶ Ein spekulativer Leerstand besteht, wenn Gebäudeflächen nicht vermietet oder verkauft werden, obwohl eine Nachfrage auf dem Markt besteht. Der Grund für den Leerstand liegt dabei in der Erwartung des Eigentümers zu einem späteren Zeitpunkt eine höhere Rendite erzielen zu können (vgl. Corpus Sireo 2019).

Wie auf den nachfolgenden Abbildungen zu sehen ist, lassen sich an den ehemaligen Betriebsgebäuden des Pfaffwerks deutliche Verfallserscheinungen feststellen (u.a. zerstörte Fenster, renovierungsbedürftige Dächer und Fassaden). Des Weiteren weisen die Freiflächen des Pfaffgeländes deutliche Anzeichen der Verwilderung (ungeregelter Grünbewuchs) auf. Es ist daher davon auszugehen, dass das Pfaffgelände brachliegt. Dieser Flächenstatus wird auch durch die Stadt Kaiserslautern selbst bestätigt.⁹⁷

Es wurde demnach klar nachgewiesen, dass es sich beim ehemaligen Betriebsgelände der Pfaffwerke um eine Brachfläche handelt.

Im nächsten Schritt muss geprüft werden, ob es sich bei der Brachfläche auch um Potentialflächen für den Wohnungsbau handelt. Die genaue Vorgehensweise der Prüfung wird dabei im Zuge der Umnutzung im Abschnitt 4.3.4 beschrieben.



Abbildung 15: Verwaltungsgebäude Pfaffwerk.⁹⁸

⁹⁷ Vgl. PEG 2019.

⁹⁸ eigene Abbildung.



Abbildung 16: Überblick Pfaffgelände.⁹⁹



Abbildung 17: Freiflächen auf dem Pfaffgelände.¹⁰⁰

Einschätzung der Umsetzbarkeit und Fehleranfälligkeit

Wenn Daten zu erbrachten Ver- und Entsorgungsleistungen vorliegen, wird davon ausgegangen, dass das System zur Identifikation von Brachflächen sehr genaue Ergebnisse liefert.

⁹⁹ eigene Abbildung.
¹⁰⁰ eigene Abbildung.

Diese Annahme basiert darauf, dass mit dem Gebäudebetrieb unweigerlich gebäudenähe Leistungen, wie z.B. die Versorgung mit Frischwasser, in Anspruch genommen werden. Auch in den geführten Expertengesprächen ist diese Möglichkeit zur Bestimmung von Brachflächen als praktikabel bewertet worden. Hierbei stellte sich jedoch heraus, dass die bundesweite Anwendung von Verbrauchsdaten komplex ist. Das hat den Hintergrund, dass die Datenverfügbarkeit in diesem Zusammenhang sehr unterschiedlich ist und die Daten derzeit nicht in einer standardisierten Form vorliegen. Die Identifikation von Brachflächen über diesen Ansatz eignet sich demnach gut, wenn nur einzelne Städte betrachtet werden. Die Umsetzung dieses Ansatzes auf Bundesebene geht jedoch mit einigen Hürden einher.¹⁰¹

4.3.2 Aufstockungen und Dachausbauten

Eine weitere Art der Nachverdichtung, die im Verfahren zur automatisierten Identifikation von IEP keine Beachtung findet, ist die Aufstockung. Tatsächlich besteht in diesem Nachverdichtungsbereich ein erhebliches Potential für Nachverdichtung. So wird davon ausgegangen, dass Gebäude, die zwischen den Jahren 1950 bis 1989 errichtet wurden, ein Potential von etwa 1,1 Millionen zusätzlicher Wohnungen aufweisen. Anzumerken ist, dass diese Gebäudealtersgruppe das größte Potential für Dachausbauten und Aufstockungen aufweist.¹⁰²

Die Identifikation von IEP innerhalb des Modells erfolgt bisher lediglich über die zweidimensionale Betrachtung der Grundstücke. Dabei wird der Überbauungsgrad eines Grundstücks bewertet und mit einem maximal zulässigen Bebauungsgrad verglichen. Ein Vergleich der Ist-Bebauung mit der zulässigen Bebauung in der Vertikalen wird dabei nicht angestellt.

Benötigte Informationen und deren Herkunft

Dass die Möglichkeit zur Aufstockung nicht untersucht wurde, hat bisher zwei Gründe. Zum einen sind im entwickelten Modell keinerlei Informationen über die Höhe von Gebäuden, bzw. über die sich darin befindlichen Stockwerke enthalten. Zum anderen ist nicht hinterlegt, welches Maß der Bebauung auf den einzelnen Grundstücken tatsächlich baurechtlich zulässig ist. Diese Informationen sind jedoch notwendig, um ein Nachverdichtungspotential im Bereich der Aufstockung bewerten zu können.

Relevante rechtliche Regelungen

Die Bewertung, ob eine Aufstockung rechtlich zulässig ist, erfolgt über den, in Abschnitt 4.1 beschriebenen Ansatz.

¹⁰¹ Vgl. Hecht 2019.

¹⁰² Vgl. BBSR in BBR 2016, S. 8.

Für den Analysebereich der Aufstockung sind dabei vor allem die Angaben zur Anzahl der zulässigen Vollgeschosse sowie zur Geschossflächenzahl relevant. Getroffene Angaben zur Gebäudehöhe sind ebenfalls wichtig. Sind diese Punkte also im Bebauungsplan festgelegt, kann die Zulässigkeit einer Aufstockung oder eines Dachausbaus direkt beurteilt werden. Liegen keine Informationen über das zulässige Maß der Bebauung vor, gelten Obergrenzen, die vom jeweiligen Gebietstyp abhängen.¹⁰³ Diese Obergrenzen sind im §17 BauNVO geregelt. Eine Beurteilung der Zulässigkeit kann also auch über diese Höchstgrenzen erfolgen. Um welches Baugebiet es sich bei einem Stadtgebiet handelt, ist dabei i.d.R. im Flächennutzungsplan festgelegt. Sind keine rechtlich bindenden Angaben zur Bebaubarkeit verfügbar erfolgt die Bewertung gem. §34 BauGB über den Vergleich mit der Nachbarbebauung. Eine Aufstockung ist demnach legal, wenn die Gebäude in der Umgebung über zusätzliche Stockwerke verfügen.

Gebäudehöhe und Anzahl der Stockwerke

Der zweite Teil der Information, der zur Bewertung von Aufstockungspotentialen nötig ist, ist die Höhe des zu bewertenden Gebäudes, bzw. dessen Anzahl an Stockwerken. Ist die Anzahl der Vollgeschosse in einem Gebäude bekannt, so kann die vorhandene Geschossflächenzahl ermittelt und mit den rechtlichen Rahmenbedingungen verglichen werden. Als erster Anhaltspunkt dienen hierbei die 2,5D-Gebäudeinformationen, die im ALKIS-Datenmodell hinterlegt werden können. Diese beinhalten u.a. die Erdgeschosshöhe, die Firsthöhe, die Dachform und die Objekthöhe.¹⁰⁴ Auch die Anzahl der oberirdischen Stockwerke wird dabei aufgenommen. Das ALKIS-Datenmodell entspricht somit dem LoD0. Dieser ist, durch die zusätzliche Information der Gebäudehöhe bzw. der Anzahl der Geschosse, für die Bewertung des Nachverdichtungspotentials durch Aufstockung zunächst ausreichend.

Leider sind diese Gebäudeinformationen nicht Teil des Grunddatenbestands für die Umsetzung von ALKIS. Ob und in welchem Umfang diese Daten aufgenommen werden, bleibt demnach den einzelnen Bundesländern überlassen.¹⁰⁵

Wie der Stand der Verfügbarkeit der benötigten Daten in den einzelnen Bundesländern ist, zeigt dabei die Tabelle 2.

¹⁰³ Vgl. BBSR in BBR 2016, S.10.

¹⁰⁴ Vgl. BBSR in BBR 2013, S. 119.

¹⁰⁵ Vgl. ADV 2019 und ADV 2015 S. 1ff.

Inhalte ALKIS	Baden-Württemberg	Bayern	Berlin	Brandenburg	Bremen	Hamburg	Hessen	Mecklenburg-Vorpommern	Niedersachsen	Nordrhein-Westfalen	Rheinland-Pfalz	Saarland	Sachsen	Sachsen-Anhalt	Schleswig-Holstein	Thüringen
Wohngebäude (Grunddatenbestand)	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e
Gebäude für Wirtschaft und Gewerbe (Grunddatenbestand)	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e
Gebäude für öffentliche Zwecke (Grunddatenbestand)	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e
Anzahl der oberirdischen Stockwerke	n	e	e	e	e	e	e	e	n	k	n	n	n	n	n	e
Anzahl der unterirdischen Stockwerke	n	n	e	e	e	e	n	e	n	k	n	n	n	n	n	n
Objekthöhe	n	e	n	e	e	n	n	e	e	k	n	n	n	n	n	e
Dachform	n	e	v	e	e	e	n	e	n	k	n	n	n	n	n	e

Legende:

n: nicht geführt, oder nicht benötigt

e: ist eingeführt

v: vorgesehen für die Einführung

k: Führung liegt in kommunaler Entscheidung

Tabelle 2: ALKIS Inhalte in den einzelnen Bundesländern Stand Mai 2015.¹⁰⁶

Die Tabelle zeigt, dass die relevante Information der Stockwerksanzahl im ALKIS-System von acht der 16 deutschen Bundesländern aufgenommen ist. Da es den einzelnen Kommunen im Land Nordrhein-Westfalen (NRW) freisteht, ob sie Gebäudeinformation im ALKIS-System aufnehmen oder nicht, kann hier keine präzisere Aussage getroffen werden. Im Land Niedersachsen ist zwar nicht die Anzahl der Geschosse, dafür aber die Gebäudehöhe aufgenommen. Ist die Höhe bekannt, so kann zumindest näherungsweise die Anzahl der Geschosse geschätzt werden. Hier wird beispielsweise eine Höhe von 3,5 m je Stockwerk¹⁰⁷ sowie ein Abschlag für das Dach angesetzt. Dadurch kann auf die vorhandene Geschosshöhe rückgeschlossen werden.

Die Abbildung 18 zeigt die Darstellung eines Gebäudegrundrisses in ALKIS mit zugehöriger Grundfläche, der Anzahl an Stockwerken, sowie der Funktion des Gebäudes. Das Beispielgebäude steht in Hamburg.

¹⁰⁶ eigene Tabelle in Anlehnung an ADV, 2015, S. 25ff und auf Nachfrage beim Landesamt für Geoinformation und Landesentwicklung Baden-Württemberg 2019

¹⁰⁷ Vgl. BBSR in BBR 2013, S. 111.



Abbildung 18: Anzahl Stockwerke in ALKIS anhand eines Gebäudes in Hamburg.¹⁰⁸

Anzumerken ist, dass die Auswertung über die Inhalte der ALKIS-Daten durch die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (ADV) aus dem Jahr 2015 stammt. Eine aktuellere Auswertung ist leider nicht verfügbar (auch nicht auf Nachfrage beim ADV selbst). Da das ALKIS-System seit Ende des Jahres 2015 in allen Bundesländern eingeführt ist, wird davon ausgegangen, dass der ALKIS-Datenbestand heute umfangreicher ist.¹⁰⁹

Für die Bereiche, in denen keine Informationen über die genaue Anzahl der Stockwerke vorliegen, kann ein 3D-Gebäudemodell im LoD2 bzw. LoD1 herangezogen werden. Zuerst soll das Modell im LoD2 genutzt werden, da die Höhenangaben (Genauigkeit bis auf 1 m) der Gebäude präziser ist als im LoD1. Des Weiteren sind im LoD2 zusätzlich Informationen über die Dachform enthalten.¹¹⁰ Wie groß die Verfügbarkeit der LoD2 Daten zum 31.12.2018 in den einzelnen Bundesländern ist, wird in der Tabelle 3 dargestellt.

	Baden-Württemberg	Bayern	Berlin	Brandenburg	Bremen	Hamburg	Hessen	Mecklenburg-Vorpommern	Niedersachsen	Nordrhein-Westfalen	Rheinland-Pfalz	Saarland	Sachsen	Sachsen-Anhalt	Schleswig-Holstein	Thüringen
Verfügbarkeit LoD2	100%	100%	0%	100%	100%	100%	56%	100%	93%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tabelle 3: Verfügbarkeit der 3D-Gebäudemodelle im LoD2 in den einzelnen Bundesländern.¹¹¹

Anschließend werden die, im ALKIS enthaltenen Daten, mit der Verfügbarkeit von LoD2-Datenmodellen verglichen. Der Vergleich zeigt, dass nun in jedem Bundesland eine vollflächige Verfügbarkeit von Daten, aus denen auf die Anzahl der Stockwerke rückgeschlossen werden kann, verfügbar ist. So sind in Berlin zwar keine LoD2 Daten verfügbar, dafür enthält ALKIS

¹⁰⁸ Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung o.J.

¹⁰⁹ Vgl. ADV 2019.

¹¹⁰ Vgl. ADV 2018-2, S.1.

¹¹¹ Eigene Tabelle auf Basis ADV 2018-2, S. 1ff.

die Information über die tatsächliche Stockwerksanzahl. In Hessen ist ebenfalls die Stockwerksanzahl in ALKIS hinterlegt. Im Bundesland Niedersachsen enthält ALKIS hingegen Informationen zur tatsächlichen Gebäudehöhe. Sollten für einzelne Gebäude dennoch keine Daten aus dem ALKIS- und dem LoD2-Gebäudemodell gewonnen werden können, so kann das 3D-Datenmodell im LoD1 zugrunde gelegt werden. Zwar ist hier die Höhengenaugigkeit deutlich geringer als im LoD2 (ca. 5 m vs. ca. 1 m), aber die Verfügbarkeit der LoD1-Daten liegt in allen Bundesländern bei 100%.¹¹²

Aufgrund der unterschiedlichen Genauigkeit der einzelnen Datenquellen, empfiehlt es sich eine Rangfolge aufzustellen, nach der die einzelnen Quellen verwendet werden.

Die Rangfolge der Datengrundlage sieht dabei wie folgt aus:

1. Anzahl der oberirdischen Stockwerke aus dem ALKIS-Datenbestand
In Gebieten, in denen diese Informationen verfügbar sind, sollen sie als Datengrundlage herangezogen werden. Das hat den Hintergrund, dass hier genaue Informationen über die tatsächliche Anzahl der Stockwerke enthalten sind.
2. Gebäudehöhe in Kombination mit der Dachform aus dem ALKIS-Datenbestand
An zweiter Stelle stehen die oben genannten Informationen. Grund dafür ist, dass hier die tatsächliche Gebäudehöhe hinterlegt ist. Somit ist ein genauere Rückschluss auf die Anzahl der Geschosse als im LoD2-Datenmodell möglich.
3. Gebäudehöhe und Dachform aus dem LoD2-Gebäudemodell
An dritter Stelle steht die Gebäudehöhe aus dem LoD2-Datenmodell. Das hat den Hintergrund, dass die Abschätzung der Geschossanzahl, durch die Höhengenaugigkeit von ca. einem Meter, ungenauer ist als durch die genaue Bemessung in den ALKIS Daten.
4. Gebäudehöhe aus dem LoD1-Gebäudemodell
An letzter Stelle steht das LoD1-Gebäudemodell. Grund dafür ist, dass die Höhengenaugigkeit nur bei etwa fünf Metern liegt und Informationen über die Dachform fehlen. Das LoD1-Gebäudemodell sollte dabei nur als Datengrundlage verwendet werden, wenn keine andere Datenquelle verfügbar ist.

Implementierung in das Modell

Für die Implementierung der Abschätzung von Aufstockungspotentialen muss eine Fallunterscheidung angestellt werden. Wie das Aufstockungspotential im Einzelnen abgeschätzt wird, bestimmt sich maßgeblich durch die verwendeten Daten.

Der einfachste Fall liegt vor, wenn Vorgaben zur zulässigen Anzahl der Vollgeschosse durch den B-Plan und Informationen zu den tatsächlich vorhandenen Vollgeschossen aus ALKIS

¹¹² Vgl. ADV 2018, S. 1.

vorliegen. In diesem Fall kann ein direkter Vergleich der vorhandenen, mit der maximal zulässigen Bausubstanz erfolgen.

Etwas komplizierter ist es, wenn keine Informationen zu der genauen Anzahl der Geschosse vorliegen. In diesem Fall muss die Geschosshöhe über die Gebäudehöhe geschätzt werden. Als durchschnittliche Stockwerkshöhe werden hier 3,5 m angesetzt.¹¹³ Das Ergebnis wird im nächsten Schritt kaufmännisch auf ganze Stockwerke gerundet. Auch hier wird zur Bewertung des Aufstockungspotentials die geschätzte Ist-Bebauung, mit der zulässigen Bebauung nach B-Plan verglichen. Bei der Ausgabe des Nachverdichtungspotentials sollte darauf geachtet werden, dass die verwendete Datenquelle für die Gebäudehöhe angegeben wird. Das ist insbesondere bei Verwendung von Gebäudehöhen aus dem LoD1 oder LoD2-System relevant. Die Notwendigkeit dieser Angabe resultiert aus der unterschiedlichen Genauigkeit der verschiedenen Datengrundlagen. Da bei einer großzügigen Rundung (erste Dezimalstelle im Bereich von 3-7) die Wahrscheinlichkeit steigt, dass die Schätzung der Geschosse fehlerhaft ist, wird dieser Umstand ebenfalls angegeben. Die Angabe dieser beiden Faktoren ist wichtig, damit bei einer Prüfung des tatsächlichen Nachverdichtungspotentials direkt auf eventuell vorhandene Ungenauigkeiten durch die automatische Identifikation hingewiesen wird.

Der dritte und komplizierteste Fall liegt vor, wenn keine expliziten Informationen zur zulässigen Bebauung aus dem B-Plan hervorgehen. Wie schon zum Eingang dieses Kapitels erwähnt, bemisst sich die Bebaubarkeit in diesen Fällen nach dem §34 BauGB. Die zulässige Bebauung bemisst sich dann an dem Maß der Bebauung in der näheren Umgebung. Hierbei sind auch die Geschossflächen und Geschosshöhen betroffen.¹¹⁴ Die Definition der näheren Umgebung ist dem Abschnitt 4.1 zu entnehmen.

Hindernisse für die Umsetzung des Ansatzes

Oft ist die, laut B-Plan, zulässige Geschossflächenzahl (GFZ) bereits im Bestand überschritten. Nachverdichtungen durch Aufstockungen können allerdings auch mit einem Überschreiten des zulässigen Nutzungsmaßes genehmigt werden. Das hat den Hintergrund, dass den Kommunen, mittels Befreiungsantrag nach §31 Abs. 2 BauGB, ein Ermessensspielraum in Bezug auf das Bebauungsmaß zusteht.¹¹⁵ Dieser Ermessensspielraum kann jedoch nicht in das Modell aufgenommen werden. Das bedeutet, dass Aufstockungen auch in Bereichen möglich wären, in denen das rechtlich zulässige Bebauungsmaß bereits ausgeschöpft ist. Auch können im Einzelfall vorhabenbezogene Bebauungspläne aufgestellt werden, in denen vom

¹¹³ Vgl. BBSR in BBR 2013, S. 111.

¹¹⁴ Vgl. BVerwG 2013.

¹¹⁵ Vgl. BBSR in BBR 2018, S. 11f.

allgemeinen Bebauungsplan abgewichen wird. Die Möglichkeit der Änderung des bestehenden Baurechts wird dabei im Abschnitt 5.2 weitergehend thematisiert.

Eine weitere Problematik resultiert aus der Aktualität der LoD-Daten. Während die meisten LoD-Daten eine hohe Aktualität aufweisen (i.d.R. aus den Jahren 2017-2018), sind die Daten in einzelnen Bundesländern bereits einige Jahre alt (z.B. Rheinland-Pfalz für LoD2: 2013, Brandenburg für LoD1: 2014, Niedersachsen für LoD1: 2011-2013).¹¹⁶

Wie bereits erläutert, ist die Abgrenzung des Innenraums sowie die Definition der näheren Umgebung (ohne B-Plan) nicht ganz einfach und muss im Einzelfall festgelegt werden. Der erläuterte Ansatz für die Umsetzung liefert daher nur Anhaltspunkte für die Bewertung von Aufstockungspotentialen. Ob für ein explizites Grundstück ein tatsächliches Potential vorliegt, muss daher immer im Einzelfall entschieden werden.

Im Bereich des Datenschutzes ist davon auszugehen, dass es für diese Anwendung zu keinen größeren Problemen kommen wird. Diese Annahme basiert darauf, dass z.B. die Stadt Hamburg die Anzahl der überirdischen Geschosse aller Gebäude in der Stadt für jedermann zugänglich veröffentlicht.¹¹⁷ Auch die Vorgaben aus vorhandenen Bebauungsplänen sind frei zugänglich.

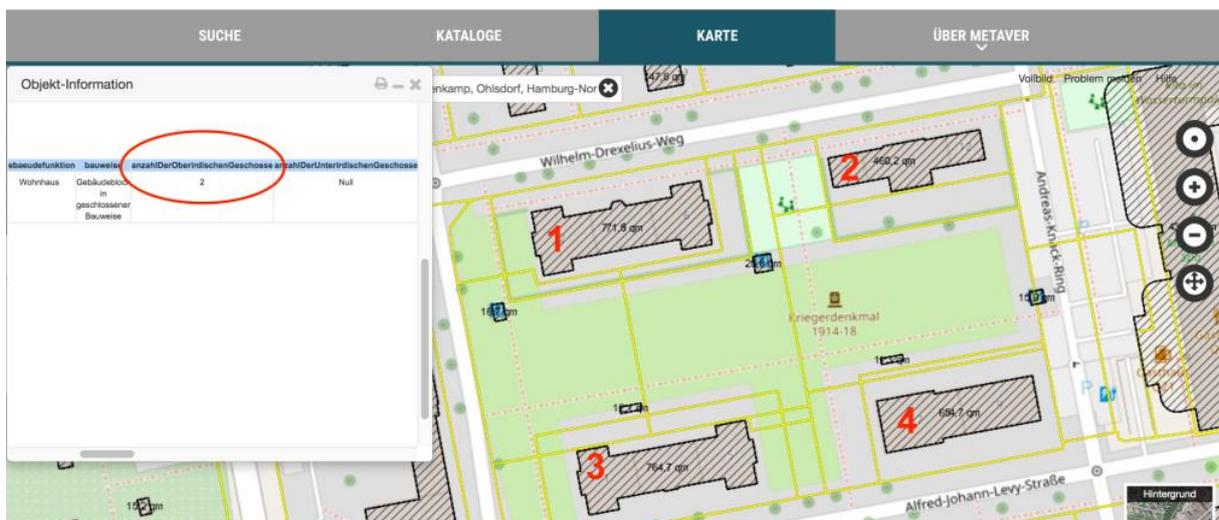


Abbildung 19: Beispielobjekte für die Bestimmung von Nachverdichtungspotentialen durch Aufstockung.¹¹⁸

¹¹⁶ Vgl. ADV 2018, S. 2f. und 2018-2, S. 2f.

¹¹⁷ Vgl. Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung o.J.

¹¹⁸ Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung o.J.

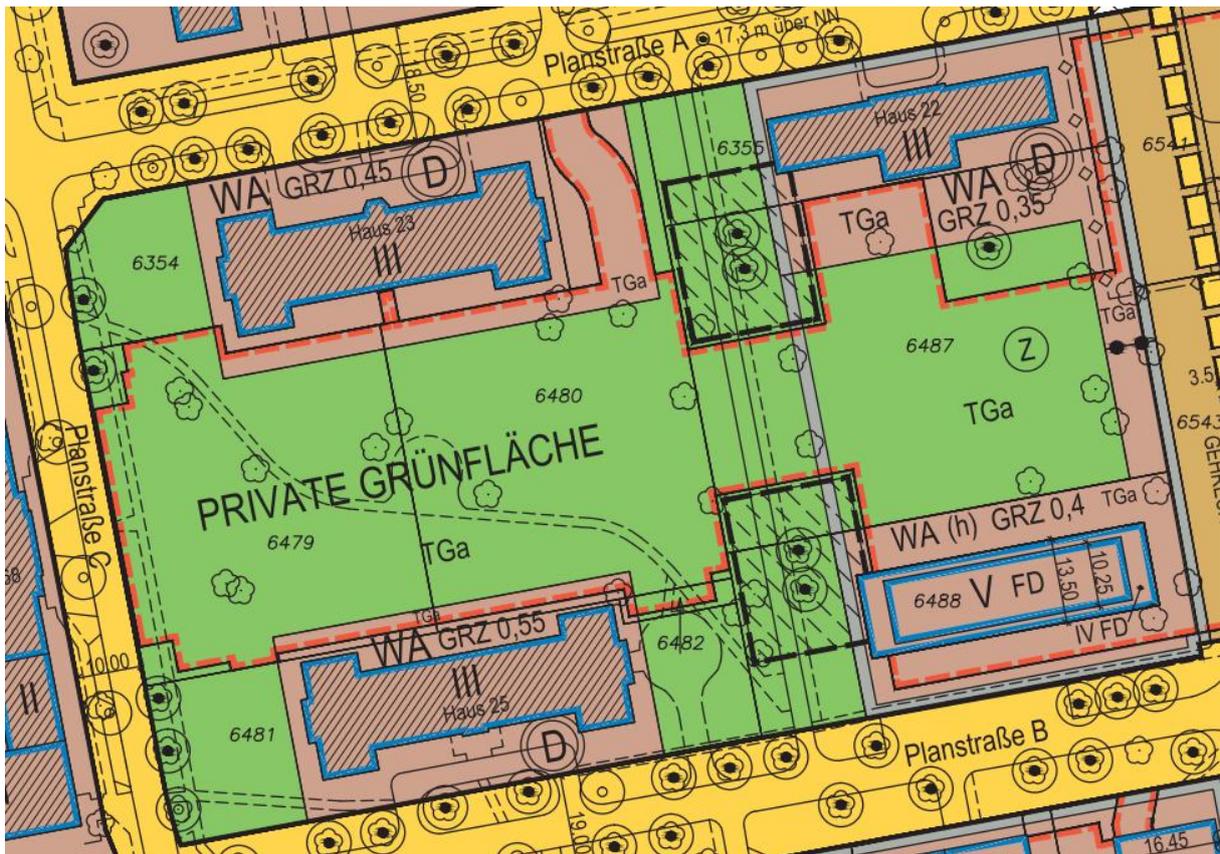


Abbildung 20: Ausschnitt aus dem Bebauungsplan Barmbek-Nord 33.¹¹⁹

Beispiel für die Ermittlung von Nachverdichtungspotentialen durch Aufstockung

Als Beispielobjekte werden die vier, in der Abbildung 19 gezeigten Gebäude herangezogen. Wie in der Abbildung dargestellt, hat das Gebäude Nr. 1 zwei oberirdische Geschosse. Die Gebäude Nr. 2 und Nr. 3 haben ebenfalls je zwei Stockwerke, während das Gebäude Nr. 4 viergeschossig ist.¹²⁰ Der Vergleich mit dem Bebauungsplan für dieses Areal (Abbildung 20) zeigt, dass für Gebäude Nr. 1-3 drei und für das Gebäude Nr. 4 fünf Vollgeschosse zulässig sind. Für alle vier Gebäude besteht daher das Potential für ein weiteres Stockwerk. Des Weiteren sind im B-Plan nur Angaben zur maximal zulässigen GRZ gemacht. Es gehen demnach keine weiteren Restriktionen aus einer vorgeschriebenen maximalen GFZ hervor. Die Nachverdichtung durch das zusätzliche Geschoss steht also aus rechtlicher Sicht nichts im Weg.

Einschätzung der Umsetzbarkeit und Fehleranfälligkeit

Die erzielbare Genauigkeit hängt im Zusammenhang mit der Aufstockung maßgeblich mit den verwendeten Datenquellen zusammen. Im Zuge dieses Verbesserungsansatzes wurden drei Szenarien beachrieben. Die höchste Vorhersagegenauigkeit wird dabei erreicht, wenn die genaue Stockwerksanzahl, sowie die zulässige Bebaubarkeit gemäß B-Plan bekannt sind. Die

¹¹⁹ Freie und Hansestadt Hamburg 2012.

¹²⁰ Ebenda.

geringste Genauigkeit wird erreicht, wenn die Anzahl der Stockwerke über die Gebäudehöhe (im ungünstigsten Fall über LoD1) geschätzt werden muss und sich die Bebaubarkeit nach §34 BauGB bestimmt. Ein weiteres Fehlerpotential resultiert aus der Möglichkeit, dass Fehler bereits in der verwendeten Datenquelle enthalten sind (siehe hierzu Abschnitt 5.3).

Die Vorgehensweise zu diesem Ansatz wurde im Expertengespräch als praktikabel eingeschätzt. Des Weiteren wurde die Sinnhaftigkeit der Erweiterung des bestehenden Modells um den Bereich der Aufstockung bestätigt.¹²¹

4.3.3 Ersatzneubauten

Eine Weitere, nicht beachtete, Art der Nachverdichtung ist der Ersatzneubau. Durch Ersatzneubauten kann zusätzliche Wohnfläche geschaffen werden, indem das BGF Potential eines Grundstücks voll ausgenutzt wird. Wesentlicher Teil des Ersatzneubaus ist der komplette oder teilweise Rückbau der bestehenden Bebauung. Das bedeutet, dass das Konzept des Ersatzneubaus auf Grundstücken zum Tragen kommt, auf denen bestehende BGF Potentiale nicht ohne einen Rückbau realisiert werden können. Das ist insbesondere der Fall, wenn bestehende Gebäude ungünstig angeordnet sind, sodass einzuhaltende Abstandsfläche eine weitergehende Bebauung verhindern. Dieser Sachverhalt soll im Folgenden an der Abbildung 21 erläutert werden. Prinzipiell weisen die drei Grundstücke dieselbe Grundflächenzahl auf. Unter der Voraussetzung, dass auf den Grundstücken zusätzliche Grundfläche rechtlich realisierbar wäre, besteht für die drei Parzellen also zunächst ein zusätzliches Nachverdichtungspotential. Bei der praktischen Realisierung der IEP kommt es auf dem ersten Grundstück zu Konflikten durch einzuhaltende Abstandsflächen. Das führt dazu, dass das Grundstück in der jetzigen Form nicht weiter bebaut werden kann. Im Gegensatz dazu können die Abstandsflächen auf den anderen beiden Grundstücken eingehalten werden. Diese Grundstücke könnten demnach bebaut werden. Das bestehende BGF Potential auf der ersten Parzelle kann hingegen nur ausgenutzt werden, wenn die bestehende Bebauung durch ein kompakteres Bauwerk ersetzt wird.

¹²¹ Vgl. Hecht 2019.

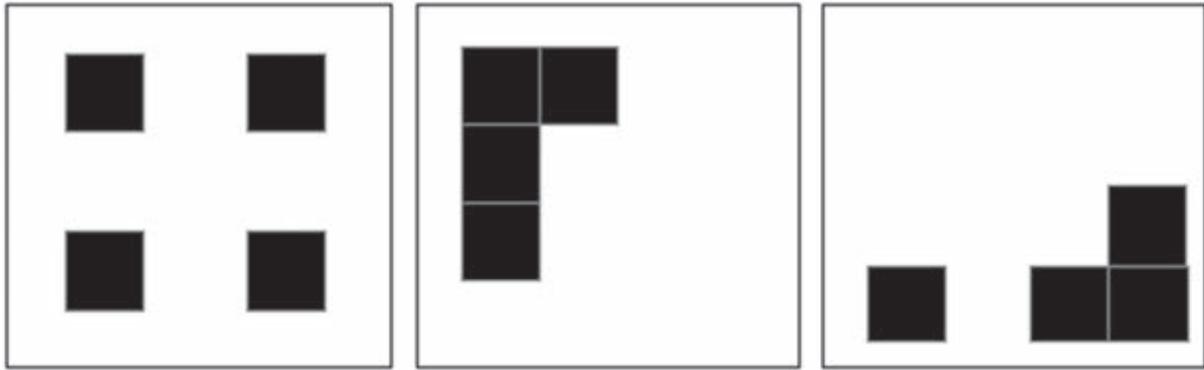


Abbildung 21: Baublöcke mit gleicher baulicher Dichte, aber unterschiedlichem IEP.¹²²

Ein weiterer Fall, in dem BGF Potentiale nicht realisiert werden können, liegt vor, wenn das Potential, absolut betrachtet, gering ausfällt. Die Potentiale können hier nicht genutzt werden, weil die Realisierung durch Anbauten unwirtschaftlich wäre. Das ist insbesondere bei kleinen Grundflächenpotentialen der Fall, da hier keine eigenständigen Wohnungen errichtet werden können. Hintergrund dafür ist, dass sich bestehende Grundrisse und die interne Erschließung restriktiv auf die Umsetzung dieser Potentiale auswirken können. Wie im Abschnitt 4.1 beschrieben, wird die Grenze für die direkte Umsetzbarkeit von Nachverdichtungspotentialen auf 100 m² Geschossfläche je Stockwerk festgelegt. In Fällen, in denen ein geringeres Potential festgestellt wurde, kann dieses unter Umständen mittels Ersatzneubau realisiert werden. Das hat den Hintergrund, dass die Erschließungssituation und die Grundrisse bei einer Neuerrichtung des Gebäudes auf die zusätzliche Fläche angepasst werden kann. Das Gebäude wird also von Anfang an auf eine größere Geschossfläche ausgelegt. Restriktionen durch bestehende Grundrisse fallen demnach weg.

Im Folgenden soll die Möglichkeit des Ersatzneubaus nur für die Erweiterung in der Horizontalen und damit der bebauten Grundfläche betrachtet werden. Das hat den Hintergrund, dass eine Erweiterung in der Vertikalen bereits mit der Nachverdichtung durch Aufstockung untersucht wurde.

Insgesamt bestehen demnach zwei Möglichkeiten in denen ein Ersatzneubau zur Vergrößerung der bestehenden BGF denkbar ist. Der erste Ansatz besteht bei einer ungünstigen Grundstücksanordnung. Die zweite Möglichkeit ergibt sich, wenn das absolute Nachverdichtungspotential (je Stockwerk) gering ausfällt.

Benötigte Informationen und deren Herkunft

Zunächst soll die erste Möglichkeit des Ersatzneubaus bei einer ungünstigen Bebauung des Grundstücks beschrieben werden.

¹²² BBSR in BBR 2013, S. 106.

Die Bewertung, ob ein Ersatzneubau auf dem zu prüfenden Grundstück durchgeführt werden kann, gliedert sich in zwei Teilbereiche auf. Im ersten Schritt erfolgt ein Vergleich der vorhandenen Ist-Bebauung mit dem maximal zulässigen Maß der baulichen Nutzung. Hierbei wird bewertet, ob ein Grundstück prinzipiell über vorhandene Nachverdichtungspotentiale verfügt. Ist ein Potential gegeben, muss im nächsten Schritt bewertet werden, ob es sich um ein IEP in Form einer Baulücke oder in Form eines Ersatzneubaus handelt. Hierbei müssen insbesondere bestehende Ausschlussflächen unter Berücksichtigung der Abstandsflächen beachtet werden.

Zur Bewertung der Ist-Bebauung wird die Information der bebauten Grundfläche benötigt. Der Gebäudegrundriss ist dabei in den amtlichen Hausumringen enthalten, die flächendeckend für Deutschland zur Verfügung stehen.¹²³

Die Bewertung der zulässigen Bebauung erfolgt nach demselben Schema des Abschnitts 4.1 und ist in zwei Fälle zu unterscheiden.

Der erste Fall liegt vor, wenn das Maß der zulässigen Bebauung (insbesondere die GFZ) durch einen B-Plan oder durch eine andere verbindliche rechtliche Regelung festgelegt ist. Liegt eine verbindliche Regelung zum Maß der baulichen Nutzung vor, kann der Abgleich zwischen der vorhandenen und der zulässigen Bebauung direkt erfolgen.

Der zweite Fall ergibt sich, wenn ein vorhandener B-Plan keine ausreichenden Regelungen zum Maß der baulichen Nutzung bzw. zur GFZ enthält oder wenn kein B-Plan vorliegt. In diesem Fall bestimmt sich die Bebaubarkeit nach dem §34 BauGB.

Die Bewertung von Grundstücken mit Nachverdichtungspotential erfolgt schließlich über den bereits im Absatz 3.1.2 beschriebenen objektbasierten Ansatz. In diesen Ansatz fließen, neben anderen Ausschlussflächen auch zu beachtende Abstandsflächen ein. Im bestehenden Modell wurden diese Abstandsflächen mit 0,4 x Gebäudehöhe (mind. 3 Meter) angenommen. Diese Annahme ist jedoch sehr verallgemeinert. Zum einen wird die genaue Tiefe der Abstandsflächen von den einzelnen Bundesländern festgelegt und ist vom entsprechenden Gebietstyp abhängig. Zum anderen wurde die Gebäudehöhe im bestehenden Modell mittels eines standardisierten Schätzwertes angenommen.

Wie bereits im Absatz 4.3.2 erläutert, können die einzelnen Gebäudehöhen jedoch genauer festgestellt werden. Die Datenquellen für die Gebäudehöhen sind diesem Absatz zu entnehmen.

¹²³ Vgl. BBSR in BBR 2013, S. 106.

	Allgemein	Kern-, Dorf- oder besondere Wohngebiete	Mindestmaß	Quelle
Baden-Württemberg	0,4 x Wandhöhe	0,2 x Wandhöhe	2,5 m, bei Wänden <5m Breite 2m	§ 5 LBO BW
Bayern	1,0 x Wandhöhe	0,5 x Wandhöhe	3,0 m	Art. 6 LBO BY
Berlin	0,4 x Wandhöhe	0,4 x Wandhöhe	3,0 m	§ 6 LBO BE
Brandenburg	0,4 x Wandhöhe	0,4 x Wandhöhe	3,0 m	§ 6 LBO BB
Bremen	0,4 x Wandhöhe	0,4 x Wandhöhe	3,0 m	§ 6 LBO HB
Hamburg	0,4 x Wandhöhe	0,4 x Wandhöhe	2,5 m	§ 6 LBO HH
Hessen	0,4 x Wandhöhe	0,4 x Wandhöhe	3,0 m	§ 6 LBO HE
Mecklenburg-Vorpommern	0,4 x Wandhöhe	0,4 x Wandhöhe	3,0 m	§ 6 LBO HV
Niedersachsen	0,5 x Wandhöhe	0,5 x Wandhöhe	3,0 m	§ 5 LBO NI
Nordrhein-Westfalen	0,4 x Wandhöhe	0,2 x Wandhöhe	3,0 m	§ 6 LBO NW
Rheinland-Pfalz	0,4 x Wandhöhe	In Kerngebieten ist eine geringerer Faktor möglich, wenn die Nutzung des Gebiets das rechtfertigt	3,0 m	§ 8 LBO RP
Saarland	0,4 x Wandhöhe	In Kerngebieten ist eine geringerer Faktor möglich, wenn die Nutzung des Gebiets das rechtfertigt	3,0 m	§ 7 LBO SL
Sachsen	0,4 x Wandhöhe	0,4 x Wandhöhe	3,0 m	§ 6 LBO SN
Sachsen-Anhalt	0,4 x Wandhöhe	0,4 x Wandhöhe	3,0 m	§ 6 LBO ST
Schleswig-Holstein	0,4 x Wandhöhe	0,4 x Wandhöhe	3,0 m	§ 6 LBO SH
Thüringen	0,4 x Wandhöhe	0,4 x Wandhöhe	3,0 m	§ 6 LBO TH
Musterbauordnung	0,4 x Wandhöhe	0,2 x Wandhöhe	2,5 m, bei Wänden <5m Breite 2m	§ 5 MBO

*Tabelle 4: Abstandsflächen in den einzelnen Bundesländern.*¹²⁴

Die Tiefe der Abstandsflächen in den einzelnen Bundesländern ist der Tabelle 4 zu entnehmen. Wie die Tabelle zeigt, ist die einzuhaltende Abstandsfläche in einigen Bundesländern abhängig von dem Gebietstyp, in dem sich das zu bewertende Gebäude befindet. In den Bundesländern Rheinland-Pfalz und dem Saarland beschreibt die jeweilige Landesbauordnung (LBO), dass in Kerngebieten ein geringerer Faktor angesetzt werden kann, falls die Eigenart des Gebietes das erlaubt. Das führt dazu, dass es sich bei der Bestimmung der einzuhaltenen Abstandsflächen in diesen Gebieten um eine Einzelfallentscheidung handelt. In diesen beiden Bundesländern wird daher der allgemeine Faktor von 0,4 x Wandhöhe angesetzt. In den übrigen Bundesländern (in denen der Faktor in Kern, Dorf- und besonderen Wohngebieten vom allg. Faktor abweicht) muss der Gebietstyp bekannt sein, damit der anzusetzende Faktor bestimmt werden kann. Wenn für das betroffene Gebiet ein Flächennutzungsplan vorliegt, kann die Gebietsart i.d.R. direkt hier entnommen werden.

Liegt keine Festlegung über den Gebietstypen vor, muss die Bestimmung anhand der §§1ff. BauNVO erfolgen. In den §§1ff. BauNVO sind dabei die Eigenheiten der einzelnen Gebiete erläutert. Zudem ist aufgelistet, was für Gebäudearten (z.B. Wohngebäude, Tankstellen, Gewerbeimmobilien etc.) sich in den Gebieten befinden können. Die Art der Gebäudenutzung ist Teil des Grunddatenbestands in ALKIS.¹²⁵ Eine Bestimmung der Gebietstypen kann also über

¹²⁴ eigene Darstellung, Quellen: siehe Tabelle.

¹²⁵ Vgl. ADV 2015, S. 25ff.

die hier dokumentierte Gebäudedefunktion erfolgen. Wie die Bestimmung des Gebietstyps in diesem Fall im Detail aussehen kann, würde an dieser Stelle den Rahmen der Arbeit sprengen und wird daher im Folgenden außenvorgelassen. In Fällen, in denen keine Informationen zum Baugebiet vorliegen, wird die Abstandsfläche über den allgemeinen Faktor, der im jeweiligen Bundesland Anwendung findet, bestimmt.

Insgesamt setzen sich die einzuhaltenden Abstandsflächen also aus der gegebenen Gebäudehöhe und dem bundeslandabhängigen Faktor, unter Beachtung der Mindestabstände, zusammen.

Die Möglichkeit des Ersatzneubaus bei geringem absolutem Nachverdichtungspotential, wird über den Vergleich der Ist-Bebauung mit der maximal zulässigen Bebauung nach Planungsrecht bestimmt. Hierbei kommt es nicht auf die Anordnung der einzelnen Gebäude an. Es wird lediglich das absolut vorhandene Nachverdichtungspotential betrachtet.

Implementierung in das Modell

Auch bei der Implementierung in das Modell muss zwischen den beiden Arten des Ersatzneubaus unterschieden werden. Im ersten Schritt wird der Ersatzneubau, bei einer ungünstigen Grundstücksbebauung beschrieben.

Die Auswertung der Möglichkeit zum Ersatzneubau erfolgt über die bereits im Absatz 3.1.2 erläuterten Modelle des dichte-basierten und des objektbasierten Ansatzes. Um Grundstücke auszuschließen, die zwar theoretisch ein Nachverdichtungspotential aufweisen, das aber aufgrund der bestehenden Bebauung nicht realisiert werden kann, wurde der objektbasierte Ansatz gewählt. Im Bereich des Ersatzneubaus ist es aber genau Ziel diese Grundstücke zu identifizieren. Aus diesem Grund ist eine Kombination aus diesen beiden Ansätzen, für das Anwendungsgebiet des Ersatzneubaus, denkbar. Bei der praktischen Anwendung der beiden Ansätze sind dabei die folgenden drei Fälle zu unterscheiden:

1. Beide Ansätze ergeben, dass ein Grundstück kein Nachverdichtungspotential aufweist. In diesem Fall wird das Grundstück als Fläche ohne Potential gekennzeichnet und wird entsprechend nicht ausgegeben.
2. Beide Ansätze ergeben, dass ein Grundstück ein Nachverdichtungspotential aufweist. In diesem Fall weist ein Grundstück ein IEP in Form einer Baulücke oder einer Nachverdichtungsfläche auf. Das hat den Hintergrund, dass der dichte-basierte Ansatz prinzipiell alle Nachverdichtungspotentiale erkennt, die auch der objektbasierte Ansatz erkennt. Grundstücke, die durch den objektbasierten Ansatz als Potentialflächen erkannt

werden, können durch eine günstige Positionierung der Gebäude direkt bebaut werden. Die Anzahl der Grundstücke, die der objektbasierte Ansatz erkennt, ist durch den Ausschluss ungünstig bebauter Grundstücke, geringer als die des dichte-basierten Ansatzes. Um Fehler des Systems vorzubeugen, empfiehlt es sich, auch Grundstücke, die nur vom objektbasierten Ansatz als Potentialfläche erkannt werden, zu dieser Kategorie zu zählen.

3. Der dichte-basierte Ansatz ergibt ein Nachverdichtungspotential, das durch den objektbasierten Ansatz nicht erkannt wird.

Liegt dieses Ergebnis vor, handelt es sich um eine Fläche, die ein Nachverdichtungspotential im Sinne eines Ersatzneubaus aufweist. Der dichte-basierte Ansatz erkennt auf einem Grundstück, dass zusätzliches GFZ-Potential besteht. Der objektbasierte Ansatz schließt das Grundstück jedoch aus, weil die vorhandenen GFZ-Potentiale, durch die ungünstige Bebauung, nicht realisiert werden können. Das bedeutet im Umkehrschluss, dass Grundstücke dieser Art zwar über ein GFZ-Potential, aber auch über eine ungünstige Bebauung verfügen. Vorhandene Nachverdichtungspotentiale könnten demnach durch eine Neuordnung der Gebäude, durch einen Ersatzneubau, ausgeschöpft werden.

Die Möglichkeit des Ersatzneubaus bei geringem absoluten Nachverdichtungspotential knüpft direkt an die vorhergehende Möglichkeit Nr. 2 an. Es wird somit prinzipiell ein theoretisch umsetzbares Nachverdichtungspotential für das Grundstück erkannt.

Für Potentiale im Ersatzneubau in dieser Kategorie kann das Grundstück auch günstig bebaut sein. Hier werden kleine Flächen betrachtet, bei denen sich das Potential (aus Gründen der Wirtschaftlichkeit) nicht durch einen Anbau o.Ä. realisieren lässt. Als maßgeblich wird hier eine Grenze von 100 m² je Geschoss angenommen.¹²⁶ Ist die realisierbare Fläche je Geschoss kleiner als 100 m², lässt sich das Potential nicht direkt umsetzen, bzw. die Umsetzung kann wirtschaftlich unsinnig sein. Das ist dem Umstand geschuldet, dass kleine Nachverdichtungsflächen durch die bestehenden Verkehrsflächen im Gebäude erschlossen werden müssen. Die Eingliederung kleiner Flächen in bestehende Grundrissstrukturen kann also kompliziert sein. Wird die Fläche größer als 100 m², besteht die Möglichkeit, eigene Verkehrsflächen zu errichten und trotzdem noch annehmbar große Nutzflächen zu erstellen.

Wird das Bestandsgebäude im Zuge des Ersatzneubaus jedoch durch ein neues Bauwerk ersetzt, kann der Grundriss von Grund auf an die zusätzliche Fläche angepasst werden. So kann gewährleistet werden, dass alle Flächen im Gebäude sinnvoll erschlossen sind.

¹²⁶ Vgl. Spitzer 2017, S. 385.

Das bedeutet, dass Potentialflächen mit $<100 \text{ m}^2$ je Geschoss als Flächen mit Potential im Bereich des Ersatzneubaus deklariert werden. Eine weitere Grenze wird hierbei eingeführt, um sehr geringe Potentiale auszugrenzen, da hier selbst die Realisierung mittels Ersatzneubau schwierig ist. Diese Grenze wird auf Potentiale $<50 \text{ m}^2$ je Geschoss festgelegt. Diese Grenze wird eingeführt um eine zu kleinteilige Betrachtung der Potentiale auszuschließen. Eine weitergehende Erläuterung zu der Grenze von 100 m^2 ist im Abschnitt 4.1 zu finden.

Hindernisse für die Umsetzung des Ansatzes

Das Haupthindernis für die Erfassung von Potentialen im Bereich des Ersatzneubaus resultiert aus Ungenauigkeiten, die auf die verwendeten Datenquellen zurückzuführen sind. An dieser Stelle ist die Bemessung der einzuhaltenden Abstandsflächen zu nennen. Hier finden sich zum einen Ungenauigkeiten in der verwendeten Gebäudehöhe, die je nach angewendeter Datengrundlage (ALKIS, LoD1, LoD2) unterschiedlich hoch ausfällt (siehe Absatz 4.3.2). Die andere Komponente ist die des Tiefenfaktors für die Abstandsflächen. Das ist insbesondere in Kern-, Dorf- und besonderen Wohngebieten relevant, in denen ein reduzierter Faktor angewendet wird. Ungenauigkeiten sind vor allem dort präsent, wo keine genaue Bestimmung der Baugebiete durch z.B. den Flächennutzungsplan erfolgt und das Gebiet über die Nutzung bestimmt werden muss. Ist ein Gebiet offiziell ausgewiesen sein, ist dieses natürlich zu übernehmen. Für Gebiete in denen es keine genaue Abgrenzung gibt, wird vorgeschlagen, dass der allgemeine Abstandsfaktor im jeweiligen Bundesland angewendet wird.

Beispiel für ein Grundstück mit Ersatzbaupotential

Als Beispiel für ein Grundstück mit Nachverdichtungspotential im Bereich Ersatzneubau, wird das Flurstück mit der Nummer 359/2 (rot gekennzeichnet) in der Karl-Roth-Straße in Dresden herangezogen (siehe Abbildung 22). Das Flurstück hat eine Fläche von 785 m^2 und weist eine überbaute Grundfläche von ca. 138 m^2 auf.¹²⁷ Es liegt also aktuell eine GRZ von 0,175 vor. Der in Abbildung 23 dargestellte Ausschnitt, des für dieses Grundstück geltenden Bebauungsplans, erlaubt eine GRZ von bis zu 0,4. Das Flurstück weist demnach ein zusätzliches Grundflächenpotential von ca. 176 m^2 und damit ein klares Nachverdichtungspotential auf. Allerdings legt der B-Plan (Abbildung 23) zusätzlich Baugrenzen¹²⁸ (blaue Linien) und Baulinien¹²⁹ (rote Linien) für das Flurstück Nr. 359/2 fest. Das führt dazu, dass auf diesem Flurstück nur innerhalb des Rechteckes, das durch die Linien gebildet wird, gebaut werden darf. Hierdurch wird das Nachverdichtungspotential erheblich eingeschränkt. Das maximal mögliche Potential wurde beim Bestandsgebäude jedoch nicht vollständig ausgenutzt. Durch die Baulinien und

¹²⁷ Vgl. Landeshauptstadt Dresden o.J.

¹²⁸ Ist eine Baugrenze festgelegt, so darf diese nicht von Gebäuden oder Gebäudeteilen überschritten werden (Vgl. §23 Abs. 3 BauNVO).

¹²⁹ Wenn eine Baulinie festgelegt ist, muss auf dieser Linie gebaut werden (Vgl. §23 Abs. 2 BauNVO).

Baugrenzen wird das theoretisch vorhandene Potential von 176 m² auf ca. 70 m² Grundfläche reduziert.¹³⁰ Dieses Potential zu realisieren, kann jedoch umständlich sein, da die Potentialfläche relativ gering ist. Einzig ein Anbau an das bestehende Gebäude wäre denkbar.



Abbildung 22: Beispiel für ein Grundstück mit Nachverdichtungspotential durch Ersatzneubau.¹³¹

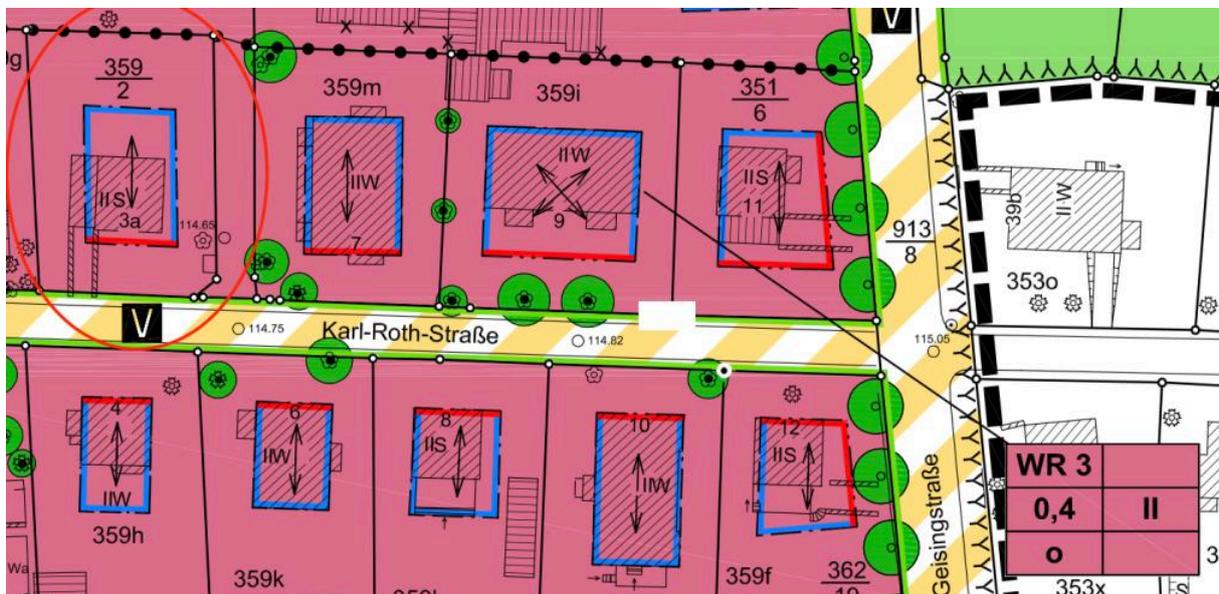


Abbildung 23: Ausschnitt des Bebauungsplans Nr. 90L.¹³²

Ob sich die Grundstücke des bestehenden Gebäudes jedoch für einen Anbau eignen, bleibt fraglich. Eine weitere Möglichkeit stellt hier der Ersatzneubau dar. Hierbei wird das Bestandsgebäude rückgebaut und durch ein neues Objekt, das die gesamte überbaubare Grundfläche ausfüllt, ersetzt. Da das Gebäude in diesem Fall von Grund auf geplant wird, können die Grundrisse und die interne Erschließung auf die neue Grundfläche angepasst werden. Auf diese Weise kann das bestehende Nachverdichtungspotential auf diesem Grundstück sinnvoll genutzt werden.

¹³⁰ Vgl. Landeshauptstadt Dresden o.J.

¹³¹ Landeshauptstadt Dresden o.J.

¹³² Landeshauptstadt Dresden 2004.

Einschätzung der Umsetzbarkeit und Fehleranfälligkeit

Prinzipiell werden bei diesem Ansatz bereits bekannte und erprobte Ansätze zur Identifikation von Potentialflächen für Ersatzneubauten eingesetzt. Demnach wird davon ausgegangen, dass die Umsetzbarkeit für die Bestimmung von Ersatzbaupotentialen bei ungünstiger Bebauung sehr gut ist. Im Bereich der Ersatzbaupotentiale, die aus kleinen Nachverdichtungspotentialen resultieren, ist die Umsetzbarkeit ebenso gegeben. Diese Annahme kann damit begründet werden, dass die Bestimmung von Potentialen in diesem Bereich schlussendlich auf absolute Zahlen und eine harte Grenze zurückzuführen ist. Insgesamt wurde die Vorgehensweise im Expertengespräch als plausibel und sinnvoll eingeschätzt.¹³³

Jedoch sind im Zusammenhang mit Ersatzneubaupotentialen durch kleine Nachverdichtungsflächen potentielle Fehlerquellen erkennbar. Diese Fehlerquellen sind auf Datenungenauigkeiten zurückzuführen. Das ist insbesondere der Fall, wenn sich die zulässige Bebauung nach dem §34 BauGB richtet.

4.3.4 Umbauten und Umnutzungen

Die Nachverdichtungsart des Umbaus basiert darauf, Gebäudegrundrisse effizienter zu gestalten. So soll eine höhere Flächeneffizienz und damit mehr Wohnfläche erreicht werden. Um diese Möglichkeit der Nachverdichtung automatisch zu untersuchen, werden genaue Informationen über die Grundrisse innerhalb eines Gebäudes benötigt. An dieser Stelle ist z.B. ein Gebäudemodell in LoD3 eine geeignete Quelle. Leider gibt es keinerlei Quellen, die den Stand der Verfügbarkeit von LoD3-Daten behandeln. Da es sich hierbei jedoch um ein detailliertes 3D-Modell des Gebäudeinneren handelt, wird davon ausgegangen, dass die Verfügbarkeit dieser Daten insgesamt gering ist. Da auch keine andere bestehende Datenquelle, die flächendeckende Informationen zu den Grundrissen der Gebäude in Deutschland liefert, vorliegt, wird die Möglichkeit des Umbaus innerhalb eines Gebäudes nicht weiter behandelt.

Im Bereich der Umnutzung werden Gebäude oder Grundstücke, die eine andere Nutzung als das Wohnen aufweisen, so be- und umgebaut, dass neuer Wohnraum entsteht. Hierbei liegt der Fokus insbesondere auf allen Flächen, die zurzeit brachliegen. Zu beachten ist in diesem Zusammenhang, dass Flächen zur Nutzung als Wohnraum in einigen der Baugebiete nach §1 BauNVO nicht bzw. nur in Ausnahmefällen zulässig sind. Hierbei sind insbesondere Gewerbe- (§8 BauNVO) und Industriegebiete (§9 BauNVO) relevant.

¹³³ Vgl. Hecht 2019.

Benötigte Informationen und deren Herkunft

Die erste relevante Information bezieht sich darauf, ob ein Grundstück brachliegt oder zurzeit genutzt wird. Diese Information kann über den im Absatz 4.3.1 beschriebenen Ansatz ermittelt werden.

Im zweiten Schritt muss geprüft werden, ob es sich bei der Brachfläche um eine Fläche handelt, die derzeit zu einem anderen Zweck als dem Wohnen genutzt wird. Hierzu kann der Grunddatenbestand des ALKIS angewendet werden. Da im ALKIS dokumentiert ist, wie ein Gebäude grob genutzt wird, können Wohngebäude aus dieser Suche ausgeschlossen werden.¹³⁴

Im nächsten Schritt muss ermittelt werden, ob die Umwidmung eines Grundstücks zu Wohnzwecken in dem jeweiligen Baugebiet laut BauNVO zulässig ist. Die Ermittlung erfolgt dabei beispielsweise über einen Flächennutzungsplan.

Implementierung in das Modell

Bei der Implementierung erfolgt eine Abfrage der drei genannten Bedingungen, die für die Realisierung einer Umnutzung notwendig sind.

Im ersten Schritt werden die Brachflächen in einer Stadt ermittelt. Im nächsten Schritt werden die ermittelten Brachflächen auf ihre Nutzung untersucht und Wohnbauflächen ausgeschlossen. Hintergrund dafür ist, dass Wohnflächen direkt reaktiviert werden können. Es findet demnach keine Umnutzung an sich statt. Anschließend wird geprüft, ob die Umnutzung des Gebäudes in ein Wohngebäude prinzipiell legal ist. Sind alle drei Bedingungen erfüllt, kann die Fläche als Potentialfläche für eine Umnutzung deklariert werden.

Hindernisse bei der Umsetzung des Ansatzes

Letztlich setzt sich das Konzept zur Analyse von Umnutzungen größtenteils aus den bereits erläuterten Ansätzen zur Ermittlung von Brachflächen, sowie aus der Analyse der Baugebiete aus Abschnitt 4.3.3 zusammen. Demnach treffen die erläuterten Hindernisse aus diesen Abschnitten ebenfalls an dieser Stelle zu. Ein Hindernis bezieht sich dabei insbesondere auf die angesprochene Thematik des Datenschutzes. Eine weitere potentielle Schwierigkeit erwächst durch die Abgrenzung der einzelnen Baugebiete und somit bei der Bestimmung, ob eine Umwidmung in Wohnraum im Einzelnen legal ist. Ein zusätzliches Hindernis besteht darin, dass der entwickelte Ansatz nur die Umnutzung von Brachflächen in Wohnraum vorsieht. Theoretisch ist aber die Umwidmung genutzter Gewerbeflächen, wo rechtlich zulässig, ebenfalls denkbar. In diesem Zusammenhang wird jedoch davon ausgegangen, dass eine entsprechende Umnutzung in diesen Fällen direkt vom Eigentümer der Immobilien initiiert wird, was

¹³⁴ Vgl. ADV 2015, S. 25ff.

die Notwendigkeit der automatischen Erfassung schmälert. Als weiteres Hindernis kann angemerkt werden, dass die Grenzen zwischen dem Bereich der Umnutzung und dem Ersatzneubau teils fließend verlaufen. So ist es durchaus denkbar, dass eine Umnutzung einer Gewerbebrache nur mit erheblichen Umbaumaßnahmen, bis hin zum Ersatzneubau realisierbar ist.

Beispiel für ein Nachverdichtungspotential im Bereich der Umnutzung

Als Beispielfläche für die Umnutzung wird das Pfaffareal in Kaiserslautern herangezogen.

Da im Abschnitt 4.3.1 festgestellt wurde, dass das Pfaffgelände brachliegt, stellt sich im nächsten Schritt die Frage, ob auf dem Gelände Entwicklungspotentiale für den Wohnungsbau bestehen. Es muss demnach geprüft werden, ob sich das Areal hinsichtlich einer Änderung der Flächennutzung von Produktions- hin zu Wohnungsbauflächen eignet.

Hierzu muss die planungsrechtliche Situation auf dem Gelände untersucht werden. Für das Pfaffgelände liegt derzeit kein gültiger Bebauungsplan vor. Die genaue planungsrechtliche Situation lässt sich demnach nicht vollumfänglich bestimmen. Allerdings liegt für das Stadtgebiet Kaiserslautern ein Flächennutzungsplan vor, in dem auch die zukünftige Nutzung des Pfaffgeländes spezifiziert wird. Das ehemalige Gelände des Pfaffwerks ist dabei auf dem Ausschnitt des Flächennutzungsplans (Abbildung 24) mit gelber Farbe umrandet. Laut dem Flächennutzungsplan sind verschiedene zukünftige Nutzungen für die Industriebranche vorgesehen. Ein Großteil der Fläche (rot/ orange, vertikal und Bezeichnung „SO“) soll der Sondernutzung „Technologie“ zugeführt werden. Im nordöstlichen Teil des Geländes (braun, vertikal und Bezeichnung „M“) ist ein Mischgebiet nach §6 BauNVO geplant. Im nordwestlichen Teil des Betriebsgeländes (rosa, vertikal und Bezeichnung „W“) ist die Nutzung als Wohnbaufläche vorgesehen.

Gemäß §6 BauNVO dienen Mischgebiete dem Wohnen und der Unterbringung von nicht störenden Gewerbebetrieben. Auch Wohngebiete dienen, wie der Name schon sagt, der Unterbringung von Wohngebäuden. Das bedeutet, dass ein großer Teil der ehemaligen Industriebrache in Flächen für den Wohnungsbau umgewandelt werden kann. Insgesamt ist die Analyse des Nachverdichtungspotentials durch Brachflächenkonversion in diesem Fall also erfolgreich.

In der Realität hat die Umwandlung der Brache hier bereits begonnen. So werden im nordöstlichen Eck des ehemaligen Betriebsgeländes derzeit vier Geschosswohnungsbauten errichtet.

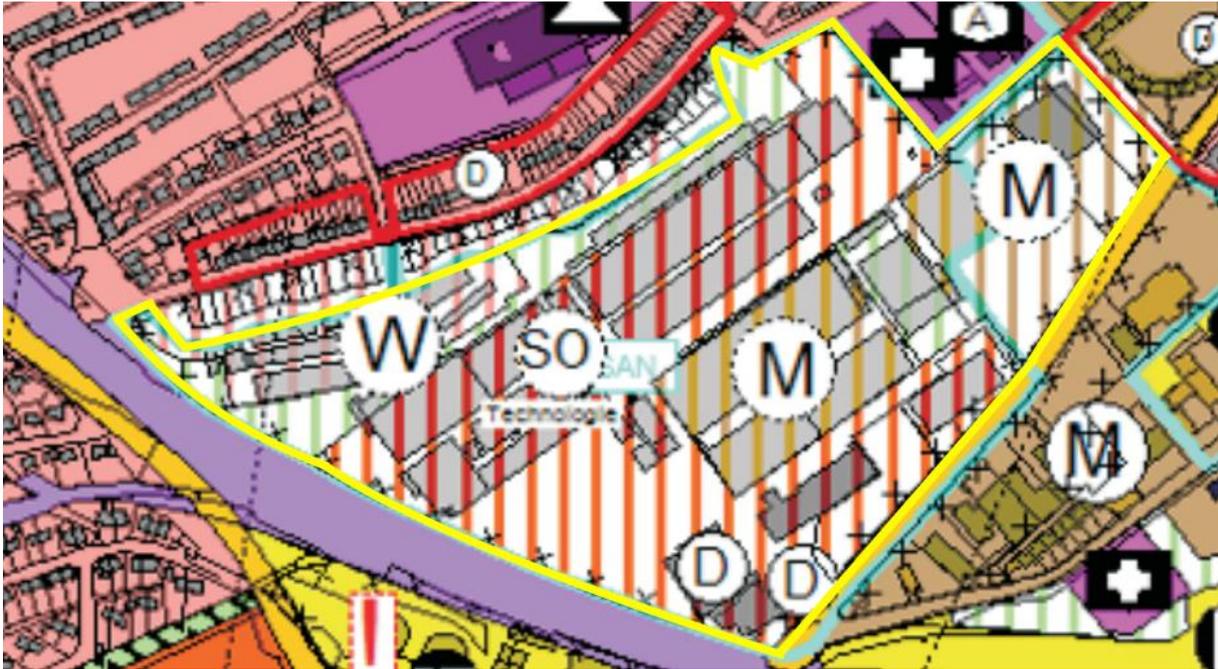


Abbildung 24:Flächennutzungsplan für das ehemalige Pfaffgelände (Gelb Markiert).¹³⁵

Einschätzung der Umsetzbarkeit und Fehleranfälligkeit

Durch mangelnde Informationen zu den Gebäudegrundrissen kann die Identifikation von Potentialflächen, die einen Umbau erlauben, derzeit nicht automatisiert werden. Im Bereich der Umnutzung wird die Umsetzbarkeit als gut eingeschätzt. Diese Annahme basiert darauf, dass die Verfügbarkeit von Flächennutzungsplänen in Deutschland allgemein gut ist. Schwierigkeiten resultieren in diesem Zusammenhang aus der Identifikation von Brachflächen. Grund dafür ist die in Abschnitt 4.3.1 beschriebene Kleinteiligkeit der Datenbeschaffung. Insgesamt ist die Umsetzung auf regionaler Ebene demnach durchaus denkbar. Die Hindernisse der Kleinteiligkeit erwachsen hier insbesondere bei einer bundesweiten Anwendung.

4.4 Hinderliche grundbuchrechtliche Regelungen und Baulasten

Ein Grundstück kann mit grundbuchrechtlichen Regelungen oder mit öffentlich-rechtlichen Baulasten belegt sein, die die Bebaubarkeit des Grundstücks einschränken. Diese hinderlichen Regelungen lassen sich in die Kategorien der beschränkt persönlichen Dienstbarkeiten, der Grunddienstbarkeiten und der Baulasten einteilen.

¹³⁵ Stadt Kaiserslautern o.J.

Grunddienstbarkeit

Die Grunddienstbarkeit wird in den §§1018ff. BGB geregelt. Mit einer Grunddienstbarkeit wird ein Grundstück (dienendes Grundstück), zu Gunsten des Eigentümers eines anderen Grundstücks (herrschendes Grundstück) belastet. Das führt dazu, dass der Eigentümer des herrschenden Grundstücks sein Recht gegenüber dem dienenden Grundstück durchsetzen kann. Wichtig ist hierbei, dass das Recht zugunsten oder zulasten des jeweiligen Eigentümers des herrschenden oder dienenden Grundstücks ausgesprochen wird. Das führt dazu, dass das Recht bei einem Eigentumsübergang ebenfalls übergeht. Grunddienstbarkeiten werden in Nutzungsrechte und Unterlassungsrechte eingeteilt. Beispiele für Nutzungsrechte sind Geh- und Fahrrechte. Diese Rechte erlauben es dem Eigentümer des herrschenden Grundstücks das dienende Grundstück in der festgelegten Weise zu übergehen oder zu überfahren. Unterlassungsrechte hindern dabei den Eigentümer des dienenden Grundstücks an einer Tätigkeit, die er ansonsten kraft seines Eigentums ausführen dürfte. Beispiel hierfür ist der Ausschluss einer bestimmten Bebauung, aber auch die Duldung von ansonsten unzulässigen Immissionen. Grunddienstbarkeiten schränken also die Nutzbarkeit durch den Eigentümer ein. Das führt dazu, dass Ausschlussflächen entstehen können, die im Zuge der Nachverdichtung zwar theoretisch als Potentialflächen erkannt werden, aber praktisch nicht bebaubar sind. Beispielsweise dürfen Flächen auf denen ein Geh- und Fahrrecht herrscht nicht mit einer Bebauung blockiert werden.¹³⁶ Grunddienstbarkeiten werden in der II. Abteilung im Grundbuch geführt.

Beschränkt persönliche Dienstbarkeit

Die beschränkt persönliche Dienstbarkeit wird in den §§1090ff. BGB geregelt. Durch eine beschränkt persönliche Dienstbarkeit können prinzipiell dieselben Rechte übertragen werden wie bei einer Grunddienstbarkeit. Der Unterschied besteht darin, dass eine beschränkt persönliche Dienstbarkeit zugunsten einer bestimmten Person (natürliche oder juristische Person) und nicht ein bestimmtes Grundstück ausgesprochen wird. Es besteht also nur eine Verpflichtung gegenüber dieser einen Person seitens des dienenden Grundstücks. Das führt dazu, dass eine persönliche Dienstbarkeit nur in Ausnahmefällen übertragen werden kann.¹³⁷ Auch beschränkt persönliche Dienstbarkeiten werden in der II. Abteilung im Grundbuch eingetragen. Weil beschränkt persönliche Dienstbarkeiten und Grunddienstbarkeiten, bis auf den Begünstigten, prinzipiell vergleichbar sind, werden sie im Folgenden unter dem Begriff der Dienstbarkeiten zusammengefasst.

¹³⁶ Vgl. §§1018ff. BGB und Rechtslexikon 2014.

¹³⁷ Ebenda.

Baulasten

Auch eine Baulast erfüllt eine ähnliche Funktion wie eine Grunddienstbarkeit. Die Baulast enthält dabei eine Pflicht zur Herstellung, Duldung oder Unterlassung bestimmter Situationen und Tätigkeiten. Da die Baulast prinzipiell ähnliche Rechte und Pflichten wie eine Grunddienstbarkeit enthält, kann es auch hier zu Einschränkungen der Eigentumsrechte kommen. Die Baulast bezieht sich dabei auf das Grundstück und wirkt sich somit auf den jeweiligen Eigentümer aus. Demnach gehen die festgelegten Baulasten bei Eigentumsübergang am Grundstück ebenfalls über. Begünstigter einer Baulast ist die Baubehörde. Beispiele für Baulasten können (neben den bereits in der Grunddienstbarkeit genannten Pflichten) Stellplatzpflichtbaulasten und Kinderspielflächenbaulasten sein. Da die Nutzung dieser Flächen durch die Baulast vorgeschrieben ist, kann sie nicht als Potentialfläche für eine Nachverdichtung angesehen werden und ist eine Ausschlussfläche. Im Gegensatz zu Dienstbarkeiten sind Baulasten jedoch nicht im Grundbuch aufgeführt. Baulasten werden von den Behörden im Baulastenverzeichnis geführt. Auch das Liegenschaftskataster und somit das ALKIS enthalten Hinweise auf Baulasten.¹³⁸

Benötigte Informationen und deren Herkunft

Damit aus beschränkenden grundbuchrechtlichen Regelungen und Baulasten Ausschlussflächen generiert werden können, muss bekannt sein, auf welchen Grundstücken entsprechende Regelungen vorhanden sind.

Für Baulasten existiert bereits ein Baulastenregister, in dem vorhandene Lasten geführt werden. Da das Baulastenverzeichnis ein von den Bundesländern geführtes Register ist, stehen die Informationen bereits zusammengeführt zur Verfügung. Auch sind Baulasten bereits im ALKIS hinterlegt.

Für Dienstbarkeiten gibt es dagegen kein zusammenfassendes Verzeichnis. Nach §873 BGB ist für Grunddienstbarkeiten und beschränkt persönliche Dienstbarkeit eine Eintragung in die II. Abteilung des Grundbuchs des dienenden Grundstücks erforderlich. In der II. Abteilung des Grundbuchs ist aber nur vermerkt, dass eine Dienstbarkeit auf dem Grundstück besteht und wer bzw. welches Grundstück begünstigt ist. Der genaue Umfang der Dienstbarkeit ist jedoch nicht im Grundbuch festgeschrieben. Der jeweilige Umfang muss dem entsprechenden Vertrag über die Dienstbarkeit entnommen werden. Das Grundbuch enthält hier einen Hinweis auf den Vertrag, in dem die Dienstbarkeit geregelt ist. Gemäß den §§1018ff. BGB ist die Einigung über eine Dienstbarkeit nicht durch einen Notar beurkundungspflichtig. Das führt dazu, dass der entsprechende Vertrag unter Umständen bei einer Privatperson liegen kann und schwierig zugänglich ist.

¹³⁸ Vgl. Keller o.J. und Jung o.J.

Es liegen also flächendeckende Daten darüber vor, auf welchen Grundstücken Dienstbarkeiten Anwendung finden. Informationen über den genauen Umfang der Dienstbarkeit sind jedoch schwierig zu beschaffen.

Implementierung in das Modell

Wie erläutert, sind Umfang und Informationstiefe von Baulasten und Dienstbarkeiten sehr unterschiedlich. Das führt dazu, dass bei der Implementierung nach der Datenquelle unterschieden werden muss. Auch die Art der beschränkenden Regelung muss beachtet werden. Nicht jede Baulast und Dienstbarkeiten führen automatisch zu Ausschlussflächen. Beispiel kann hier die Duldungspflicht von Lärmimmissionen durch einen Spielplatz sein.¹³⁹

Im ersten Schritt muss also bewertet werden, ob eine vorhandene Baulast oder Dienstbarkeit auch tatsächlich eine Ausschlussfläche nach sich zieht. Hier empfiehlt es sich alle bekannten Dienstbarkeiten und Baulasten hinsichtlich ihres Einflusses auf bebaubare Flächen zu kategorisieren. So müssen beispielsweise Flächen auf denen Geh- und Fahrrechte oder Leitungsrechte herrschen, als Ausschlussflächen deklariert werden, während andererseits ein Verbot auf einem Grundstück eine Tankstelle zu betreiben, keinen Einfluss auf das Nachverdichtungspotential im Wohnungsbau hat.

Ist bestimmt, ob sich eine Dienstbarkeit oder eine Baulast negativ auf vorhandene Potentialflächen auswirkt, muss im nächsten Schritt die nicht bebaubare Ausschlussfläche ermittelt werden. Im Fall von Baulasten kann diese Fläche über das Baulastenverzeichnis ermittelt werden. Im Baulastenverzeichnis wird die Position der Baulast auf dem Grundstück beschrieben. Der Umfang der Einschränkung kann also direkt festgestellt und als Ausschlussfläche deklariert werden.

Für Dienstbarkeiten ist die Vorgehensweise komplizierter. Wie bereits beschrieben, gibt es keine flächendeckenden Informationen über den Umfang der resultierenden Ausschlussflächen oder deren Position auf dem Grundstück. Der Umfang der Potentialflächen, die nicht bebaut werden darf, kann also nicht ermittelt werden. Es wird daher ein Ansatz, wie hinderliche grundbuchrechtliche Regelungen dennoch implementiert werden können, vorgeschlagen. Zunächst werden Potentialflächen und quantifizierbare Ausschlussflächen ermittelt. Bei der Ausgabe der Flächen wird aber auf vorhandene hinderliche Dienstbarkeiten hingewiesen. Zwar erfolgt mit diesem Vorschlag ein automatischer Hinweis auf einschränkende Bedingungen, das Ausmaß der Einschränkung muss jedoch noch immer im Einzelfall geprüft und bewertet werden.

¹³⁹ Vgl. Senatskanzlei der Stadt Berlin o.J.

Hindernisse bei der Umsetzung des Ansatzes

Im Zusammenhang mit den Dienstbarkeiten ist eine Problematik mit dem Datenschutz erkennbar. Das hat den Hintergrund, dass ein Grundbuch nur bei berechtigtem Interesse eingesehen werden kann. Des Weiteren werden die begünstigten Personen namentlich und die begünstigten Grundstücke mit ihrer Flurstücknummer im Grundbuch des dienenden Grundstücks erwähnt. Die Datenschutzproblematik kann jedoch vermutlich entschärft werden, indem die Dienstbarkeiten nicht explizit genannt, sondern nur hinsichtlich ihrer einschränkenden Wirkung klassifiziert werden. Somit würde der Inhalt der Dienstbarkeit verschleiert werden. Auch ergibt sich aus der Nennung des Begünstigten/des herrschenden Grundstücks kein ersichtlicher Mehrwert. Diese Information kann also ebenfalls weggelassen werden. Somit bezieht sich die Information nur auf das dienende Grundstück auf dem die Bewertung der Potentialflächen schließlich auch stattfindet.

Ein weiteres Hindernis erwächst aus der Ermangelung der Beschreibung von Dienstbarkeiten und deren Umfang. Wie erläutert kann in diesem Bereich also nur ein halbautomatischer Ansatz umgesetzt werden, in dem der tatsächliche Umfang der Ausschlussfläche weiterhin manuell geprüft werden muss.

Beispiel für die Implementierung hinderlicher grundbuchrechtlicher Regelungen

Als Beispiel für eine grundbuchrechtliche Regelung, die die Bebaubarkeit eines Grundstücks einschränkt, wird eine beschränkt persönliche Dienstbarkeit auf einem Flurstück in Dresden herangezogen. Für das betroffene Flurstück ist in der zweiten Abteilung des Grundbuchs ein Leitungsrecht für einen Mischwasserkanal zugunsten der Landeshauptstadt Dresden eingetragen. Zusätzlich wird an dieser Stelle auf die entsprechende Bewilligungsurkunde zu dieser Dienstbarkeit verwiesen (siehe Abbildung 25).

Grundbuchamt Grundbuch von		Dresden Kleinzschachwitz	Blatt	Zweite Abteilung	Einlegebogen
Lfd. Nr. der Eintragungen	Lfd. Nr. der betroffenen Grundstücke im Bestandsverzeichnis	Lasten und Beschränkungen			
1	2	3			
1	1	Beschränkte persönliche Dienstbarkeit (Leitungsrecht für Mischwasserkanal) für die Landeshauptstadt Dresden, Stadtentwässerung; gemäß Bewilligung vom 05.06.2018 (UR-Nr. 1369/2018-L, Notar [REDACTED] in Dresden); eingetragen am 04.09.2018. [REDACTED]			

Abbildung 25: Grundbuchauszug mit einer eingetragenen Dienstbarkeit.¹⁴⁰

¹⁴⁰ Grundbuchamt Dresden 2018.

Wie der Grundbuchauszug zeigt, ist der Umfang des Leitungsrechts im Grundbuch jedoch nicht näher spezifiziert. Um nähere Informationen zu erlangen, muss daher die entsprechende Urkunde über die Bewilligung der Dienstbarkeit betrachtet werden. Der Teil der Urkunde, der dabei diese Dienstbarkeit genauer beschreibt, ist in der Abbildung 26 dargestellt. Hier wird geregelt, in welchen Dimensionen Abwasserrohre verlegt werden dürfen und wie der dazugehörige Schutzstreifen dimensioniert wird. Auch die Position der Abwasserleitung auf dem Grundstück ist hier näher beschrieben.

Bei dieser Urkunde ist insbesondere der vierte Absatz relevant. Hier wird beschrieben, dass sich der Grundstückseigentümer dazu verpflichtet, keinerlei Bauwerke auf dem Schutzstreifen zu errichten. Durch diese Regelung muss die gesamte Fläche, die zum Schutzstreifen gehört, als Ausschlussfläche behandelt werden. Die genaue Lage der Ausschlussfläche ist in der Abbildung 27 dargestellt.

- (1) Gemäß Abschnitt VI. der Vorurkunde soll eine Dienstbarkeit zugunsten der Landeshauptstadt Dresden, Stadtentwässerung, bestellt werden.

Die Beteiligten sind insofern über die Bestellung folgender beschränkt persönlicher Dienstbarkeit zugunsten der Landeshauptstadt Dresden, Stadtentwässerung, und zulasten des kaufgegenständlichen Flurstücks Nr. 248/4 der Gemarkung Kleinzschachwitz einig:

Die Landeshauptstadt Dresden, Eigenbetrieb Stadtentwässerung, ist berechtigt, einen Mischwasserkanal, DN 400 PE im Schutzrohr, DN 150 PE im Schutzrohr, DN 1600 Sb im Schutzrohr samt Schutzstreifen mit einer Breite von bis zu 3,3 m (Anlage 5.1) dort zu haben, dauernd zu belassen, zu betreiben, zu unterhalten, zu erneuern und gegebenenfalls an die aktuellen abwassertechnischen Belange anzupassen. Die Landeshauptstadt Dresden, Eigenbetrieb Stadtentwässerung, ist berechtigt, für diesen Zweck das Vertragsobjekt zu betreten, zu befahren und alle zur Beitreibung und zur Instandhaltung der Entwässerungsanlagen erforderlichen Arbeiten vorzunehmen. Die Ausübung dieses Rechts kann einen Dritten überlassen werden.

Der jeweilige Eigentümer des dienenden Grundstücks verpflichtet sich, keine Maßnahmen vorzunehmen, die den Bestand und/oder die Betriebssicherheit der Anlagen und des Zubehörs gefährden. Es sind die in den Technischen Richtlinien – Schutz von Abwasserkanälen (Anlage 5.2) aufgeführten Bestimmungen einzuhalten. Er verpflichtet sich insbesondere, auf dem angelegten Schutzstreifen für die Dauer des Bestehens der Anlage keine weiteren Bauwerke zu errichten.

Die Entwässerungsanlagen sowie die Schutzstreifenbreite sind im beigefügten Lageplan (Anlage 5.1), auf den verwiesen wird, farblich dargestellt. Der Lageplan wurde den Beteiligten zur Durchsicht vorgelegt, von diesen genehmigt und signiert und ist wesentlicher Bestandteil dieser Urkunde.

Abbildung 26: Spezifikation der Dienstbarkeit aus dem Grundbuchauszug.¹⁴¹

¹⁴¹ eigene Quelle.

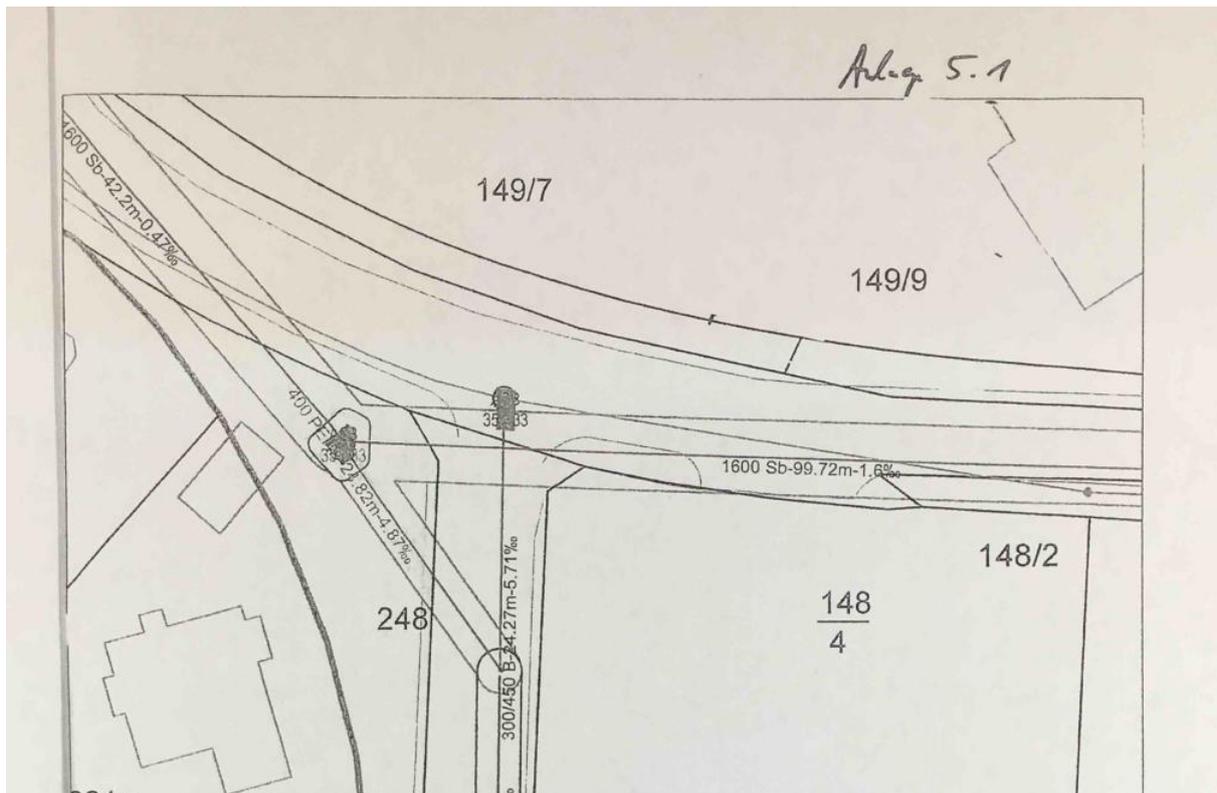


Abbildung 27: Anlage 5.1 zur Urkunde über die Dienstbarkeit aus dem Grundbuchschnitt.¹⁴²

Einschätzung der Umsetzbarkeit und Fehleranfälligkeit

Die Umsetzbarkeit dieses Verbesserungsansatzes muss gemäß der Art der hinderlichen Regelung unterschieden werden. Für bestehende Baulasten scheint die Umsetzbarkeit sehr gut zu sein. Diese Annahme basiert darauf, dass Baulaster zum einen im Baulastenverzeichnis gesammelt werden und sogar im ALKIS hinterlegt sind. Für den Bereich der grundbuchrechtlichen Regelungen ist die Umsetzbarkeit schwieriger. Hintergrund dafür ist, dass alle Grundbücher einer Gemeinde einzeln auf das Vorhandensein einer hinderlichen Regelung geprüft werden müssen. Die Datenbeschaffung geht in diesem Zusammenhang demnach mit einem großen Aufwand einher. Des Weiteren kann die Ausschlussfläche nicht alleine durch die Eintragung im Grundbuch bestimmt werden. Hierzu müssen weitere Datenquellen betrachtet werden. Das führt dazu, dass der Nutzen für die Auswertung von hinderlicher grundbuchrechtlicher Regelungen eher gering ist. Ob dieser Nutzen den Erhebungsaufwand, der durch die Prüfung der Grundbücher entsteht, rechtfertigt, bleibt dabei fraglich.

¹⁴² eigene Quelle.

4.5 Baugenehmigungen als Datenquelle

Zur Bewertung der Zulässigkeit, sind bei einem Bauantrag zusätzliche beschreibende Unterlagen (Bauvorlagen) einzureichen.¹⁴³ Zu diesen Unterlagen gehören, unter anderem, Berechnungen zur bebauten Grundstücksfläche, dem umbauten Raum, sowie der Geschoss- und der Grundflächenzahl. Des Weiteren sind Aufstellungen über die zu erstellende Wohn- und Nutzfläche, Nachweise über die Standsicherheit sowie alle Grundrisse mitzuliefern.¹⁴⁴ Das führt dazu, dass alle Informationen, die zur Bewertung der Ist-Bebauung eines Grundstückes notwendig sind, der entsprechenden Baugenehmigung entnommen werden können. Die Baugenehmigung eignet sich also zunächst sehr gut als Datenquelle im Zusammenhang mit der automatischen Identifikation von Baulücken.

Einige Bundesländer sammeln alle erteilten Baugenehmigungen, entweder im Landesarchiv oder innerhalb der zuständigen Bauaufsichtsbehörde. Eine Übersicht darüber, welche Bundesländer Bauakten archivieren, ist in der nachfolgenden Tabelle zu finden.

Bundesland	Bauakten archiviert?	Quelle
Baden-Württemberg	Ja	Vgl. Landesarchiv Baden-Württemberg, o.J.
Bayern	Ja	Vgl. Bayrisches Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr, 2017.
Berlin	Nein	Vgl. Treiber, 2008
Brandenburg	Ja	Vgl. Stareczek, o.J. und Stadtverwaltung der Landeshauptstadt Potsdam, o.J.
Bremen	Ja	Vgl. Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr, o.J.
Hamburg	Nein	Vgl. Treiber, 2008
Hessen	Ja	Vgl. Pilger, Früh, 2003, S.52 und HArchivG
Mecklenburg-Vorpommern	Nein	Vgl. Treiber, 2008
Niedersachsen	Ja	Vgl. Serviceportal Niedersachsen
Nordrhein-Westfalen	Ja	Vgl. Treiber, 2008
Rheinland-Pfalz	Ja	Auf Anfrage bei der Bauaufsicht der Stadt Ludwigshafen, 2019
Saarland	Ja	Auf Anfrage bei der Bau- und Schulverwaltung Landkreis Neunkirchen, 2019
Sachsen	Ja	Vgl. VwVSächsBo §§ 58 und 81
Sachsen-Anhalt	Ja	Auf Anfrage beim Referat 305 Bauwesen der Stadt Magdeburg, 2019
Schleswig-Holstein	Ja	Vgl. Kreis Schleswig-Flensburg, 2019.
Thüringen	Ja	Vgl. Freistaat Thüringen, 2014 und RL Bau K10

Tabelle 5: Übersicht über Bundesländer, in denen Bauakten staatlich Archiviert werden.¹⁴⁵

In den Bundesländern Hamburg und Berlin wurde die Pflicht zur Archivierung an die Grundstückseigentümer übertragen. Anzumerken ist hier, dass die verwendete Quelle aus dem Jahr 2008 stammt. Eine Anfrage bei den beiden Bundesländern führte hier nicht zu aktuelleren Erkenntnissen. Im Land Mecklenburg-Vorpommern steht es den einzelnen Gemeinden frei, ob sie die Archivierung übernehmen. Die anderen Bundesländer archivieren alle erteilten Baugenehmigungen. Zudem reichen die Archive teilweise bis in das 18. Jahrhundert zurück.¹⁴⁶ Insgesamt ist die Datenlage also in den meisten Bundesländern sehr gut.

¹⁴³ Vgl. §68 MBO.

¹⁴⁴ Vgl. Bauratgeber Deutschland 2018.

¹⁴⁵ eigene Darstellung, für Quellen: siehe Tabelle.

¹⁴⁶ Vgl. Stadtverwaltung der Landeshauptstadt Potsdam o.J.

Hindernisse bei der Verwendung von Baugenehmigungen als Datengrundlage

Ein Hindernis resultiert daraus, dass die Bundesländer Hamburg und Berlin (Mecklenburg-Vorpommern in Teilen) die Pflicht zur Aufbewahrung an die Immobilieneigentümer übertragen haben. Zwar müssen Eigentümer Akten zum Bauantrag aufbewahren und der Baubehörde bei Bedarf aushändigen, viele Eigentümer sind sich dieser Pflicht jedoch nicht bewusst. Das kann dazu führen, dass zu einzelnen Objekten kaum oder keine Unterlagen vorhanden sind.¹⁴⁷

Auch durch die beiden Weltkriege kann es zu einem zusätzlichen Datenverlust gekommen sein. Da die Unterlagen physisch in Archiven gelagert werden, besteht die Möglichkeit, dass einzelne Archive ganz oder teilweise verloren gegangen sind. Allerdings betrifft das logischerweise nur Unterlagen bis ins Jahr 1945.

Ein weiteres Hindernis besteht darin, dass der größte Teil der Akten in Papierform vorliegt.¹⁴⁸

Um die Gebäudedaten verwenden zu können, müssen sie also aus den Bauakten extrahiert werden, was mit einem erheblichen Zeitaufwand verbunden ist. In Zukunft wird diesem Problem begegnet, indem Bauanträge digital bearbeitet werden. Als Beispiel kann hier das im Saarland entwickelte Projekt „Digitaler Bauantrag“ genannt werden. Hier wird ein digitales Verfahren zum Ausfüllen von Bauanträgen entwickelt, in dem mit Hilfe von KI voll automatisiert Fehler erkannt werden.¹⁴⁹ In diesem Zusammenhang kann das System so ausgelegt werden, dass relevante Daten zum Bauvolumen separat erfasst und dem entsprechenden Grundstück zugeordnet werden. Die Einführung solcher Verfahren kann also die Datenverfügbarkeit für die Zukunft verbessern.

Da dieses System jedoch erst ab der Einführung zu einer Verbesserung der Datenverfügbarkeit beitragen kann, ist das Problem für historische Gebäudedaten weiterhin präsent.

Mithilfe optischer Zeichenerkennung und der dadurch möglichen Texterkennung kann die Auswertung der archivierten Baugenehmigungen automatisiert werden. Voraussetzung für die Anwendung einer automatischen Texterkennung ist jedoch weiterhin, dass alle Baugenehmigungen gescannt werden müssen.

In Bezug auf die Auswertung von Baugenehmigungen hat diese Technologie ein deutliches Potential die Notwendigkeit der manuellen Extraktion der Daten zu reduzieren. Im Zusammenhang mit der Analyse der Ist-Bebauung sollten sämtliche Daten zur Baumasse sowie die jeweilige Adresse des Gebäudes herausgefiltert werden. Auf diese Weise kann die Zuweisung der gebäudebezogenen Daten an den ALKIS-Datensatz erleichtert werden.

Unter Umständen bietet sich zudem eine Erweiterung der Auswertung der Baudaten aus der Baugenehmigung an. Beispielsweise können Informationen zur Standfestigkeit und Baustatik extrahiert und direkt einem Grundstück zugewiesen werden. Diese Informationen könnten

¹⁴⁷ Vgl. Treiber 2008.

¹⁴⁸ Vgl. Bauer in Saarbrücker Zeitung 2019.

¹⁴⁹ Ebenda.

dann in die Bewertung von Aufstockungspotentialen einfließen. Auf diese Weise kann ermittelt werden, auf welchen Grundstücken problemlos und auf welchen nur mit zusätzlichem Aufwand aufgestockt werden kann.

Zudem könnten die, beim Bauantrag mitzuliefernden, Grundrisse analysiert und ausgewertet werden. Hierdurch könnte die Datenverfügbarkeit für das LOD3-Gebäudemodell verbessert werden.

Beispiel einer Baugenehmigung als Datenquelle

Als Beispiel dafür, wie eine Baugenehmigung als Datenquelle genutzt werden kann, wird die Baugenehmigung eines Mehrfamilienhauses in München herangezogen. Die Abbildung 28 zeigt dabei einen Ausschnitt der Baubeschreibung des Beispielobjekts.

9. Kinderspielplätze

Es werden errichtet	<input type="text"/>	Kinderspielplatz/-plätze mit der Größe von	<input type="text" value="125 m²"/>
<input checked="" type="checkbox"/> auf dem Baugrundstück	<input type="checkbox"/> auf anderem Grundstück:	Sicherung durch	Flur-Nr. <input type="text" value="██████████"/>
		Sicherung durch	<input type="text" value="Zaunanlage"/>
Es wird/werden abgelöst	<input type="text"/>	Kinderspielplatz/-plätze mit der Größe von	<input type="text" value="m²"/>

10. Grundflächenzahl/Geschoßflächenzahl/Baumassenzahl

Grundstückfläche (nach § 19 Abs. 3 BauNVO)	624 m²	
Grundfläche (nach § 19 Abs. 2 und 4 BauNVO)	396,5 m²	Grundflächenzahl 0,63
Geschoßfläche (nach § 20 Abs. 2 und 3 BauNVO)	1181,7 m²	Geschoßflächenzahl 1,8
Baumasse (nach § 21 BauNVO)	3296 m²	Nur ausfüllen, wenn Bebauungsplan Festsetzungen zur Baumasse enthält Baumassenzahl 5,28

11. Wohnfläche/Gewerbliche Nutzfläche/Umbauter Raum

Wohnfläche (nach §§ 42-44 der II. Berechnungsverordnung)	622,5 m²	Gewerbliche Nutzfläche
		298,7 m²
Umbauter Raum nach DIN 277 Blatt 1 - in m³ - (Gebäude, Gebäudeteil)	4984,4m³	

Abbildung 28: Ausschnitt der Baubeschreibung zu einer Baugenehmigung.¹⁵⁰

Wie die Abbildung zeigt, sind alle Informationen, die zur Bewertung der Ist-Bebauung benötigt werden, unter der Ziffer 10 in der Baubeschreibung geführt. Werden diese Informationen nun mit dem entsprechenden Grundstück verknüpft, kann direkt auf die tatsächlich vorhandene Bebauung geschlossen werden. Zwar ist die Anzahl der Stockwerke nicht direkt aus der Baubeschreibung zu entnehmen, durch das Verhältnis von Grundfläche zu Geschossfläche kann

¹⁵⁰ Landeshauptstadt München Referat für Stadtplanung und Bauordnung 2002.

jedoch darauf geschlossen werden, dass das Gebäude höchstwahrscheinlich drei Stockwerke umfasst.

Darüber hinaus enthält die Baugenehmigung weitere Informationen, die für die Bewertung vorhandener Nachverdichtungspotentiale relevant sind. In diesem Fall besteht die Auflage, dass auf dem Grundstück ein Kinderspielplatz mit einer Größe von 125m² errichtet werden muss. Das führt dazu, dass diese Fläche nicht bebaut werden kann und somit automatisch als Ausschlussfläche zu behandeln ist.

Einschätzung der Umsetzbarkeit und Fehleranfälligkeit

Die Fehleranfälligkeit wird als sehr gering eingeschätzt. Diese Annahme basiert darauf, dass die Baugenehmigung sämtliche Informationen, die zur exakten Bestimmung der vorhandenen Bausubstanz benötigt werden, enthält. Aus diesem Grund wird die Baugenehmigung als ausgesprochen gute Datenquelle eingeschätzt. Jedoch geht die Implementierung der Bauanträge als Datenquelle mit einem erheblichen Erfassungsaufwand einher. Wie erwähnt, müssen hier alle erteilten Baugenehmigungen separat geprüft werden. Ob der Erfassungsaufwand in einem günstigen Verhältnis zum geschaffenen Nutzen steht, muss dabei genauer geprüft werden.

5 Kritische Reflexion

Im vorherigen Kapitel wurden Ansätze vorgestellt, wie die Vorhersagegenauigkeit des bestehenden Modells zur automatischen Identifikation von Nachverdichtungspotentialen verbessert werden könnte. In diesem Zusammenhang haben sich jedoch einige Kritikpunkte ergeben, die im Folgenden erläutert werden.

5.1 Zielkonflikt Stadt- vs. Projektentwicklung

Das Modell zur automatischen Identifikation von Nachverdichtungspotentialen basiert auf der nüchternen Auswertung von Geo- und Gebäudedaten. Das führt jedoch dazu, dass das Modell auch vorhandene Nachverdichtungspotentiale erkennt, die sich in der Praxis aus verschiedenen Gründen nicht umsetzen lassen. Gründe, die gegen eine Nachverdichtung im Innenbereich sprechen, können u.a. städtebaulicher oder klimatechnischer Natur sein. Des Weiteren bilden sich teils erhebliche Widerstände aus der Bevölkerung gegen geplante Nachverdichtungsprojekte. Schlussendlich besteht noch die Möglichkeit, dass Eigentümer bestehendes Nachverdichtungspotential schlicht nicht realisieren möchten.

Im städtebaulichen Zusammenhang kann beispielsweise die Gentrifizierung von Stadtvierteln genannt werden. Durch Nachverdichtung entstehen Neubauwohnungen, bzw. Wohnungen, die durch umfangreiche bauliche Maßnahmen neuwertig sind. Diese neuen und neu renovierten Wohnungen weisen i.d.R. ein höheres Mietniveau als Bestandswohnungen auf.¹⁵¹ Hierdurch kann es dazu kommen, dass Stadtbereiche insgesamt zahlungskräftigere Mieter anziehen. Steigende Mieten können dazu führen, dass die ursprünglichen Bewohner sich die steigenden Mieten mittel- bis langfristig nicht mehr leisten können. Das führt dazu, dass die ursprünglichen Bewohner solche Stadtviertel verlassen müssen. Es kommt zu einer Neuordnung der Bewohnerschaft des Viertels.

Ein weiterer Aspekt resultiert aus der, mit Nachverdichtung einhergehenden, steigenden Bevölkerungsdichte. Weil Nachverdichtung darauf abzielt, zusätzliche Wohnungen auf einer gegebenen Fläche unterzubringen, steigt unweigerlich auch die Anzahl der dort wohnenden Personen. Hierdurch entsteht auch eine höhere Belastung der örtlichen Infrastruktur und der Einrichtungen der Nahversorgung. Das kann dazu führen, dass einige Flächen durch die Entfernung zur lokalen Nahversorgung erhebliche Standortnachteile aufweisen. Mit zunehmender Bevölkerung geht zudem eine Erhöhung der Verkehrsbelastung einher. Der öffentliche Personennahverkehr wird hierdurch stärker belastet und es werden zusätzliche Abstellflächen für

¹⁵¹ Vgl. Kollenbroich 2016.

PKWs notwendig. Auch gehen durch die Nachverdichtung Grünflächen verloren (wenn in der Horizontalen nachverdichtet wird). Die Erhöhung der Bevölkerungsdichte, zusammen mit den resultierenden Nachteilen, kann also zu einer Abwertung der Lebensqualität eines Stadtgebiets beitragen.

Eine Stadt wirkt sich durch die angesiedelte Bevölkerung, der damit verbundenen Bebauung und anderen Aktivitäten erheblich auf das Regionalklima aus. Der deutlichste, nachweisbare Klimaeffekt stellt hier die Temperaturerhöhung gegenüber dem Umland dar. Es bilden sich sogenannte „städtische Wärmeinseln“¹⁵². Interessant an diesem Effekt ist, dass dessen Intensität mit abnehmender Entfernung zum Zentrum steigt. Es ist also ein direkter Zusammenhang zur Bebauungsdichte festzustellen. Zudem behindert die Bebauung die Luftzirkulation und verdrängt vorhandene Vegetation. Auch geht mit zunehmender Bebauungsdichte eine Zunahme der Verkehrsdichte einher, welche diesen Effekt der Hitzeinselbildung zusätzlich begünstigt. In diesem Zusammenhang ist anzumerken, dass größere, innerstädtische Grünflächen als Kälteinseln dienen, in denen die Temperatur geringer als in der dichter bebauten Umgebung ist.

Auch die innerstädtische Lufthygiene wird maßgeblich durch den Luftaustausch zwischen Freiräumen und durch die vorhandene Bebauung bestimmt.¹⁵³

Insgesamt ist also festzuhalten, dass sich eine Erhöhung der Bebauungsdichte ungünstig auf das innerstädtische Klima und sich somit negativ auf die Behaglichkeit der Stadtbewohner auswirken kann.

Zudem bergen Nachverdichtungsprojekte ein potentiell Risiko, dass sich Widerstände in der Bevölkerung bilden. Diese Widerstände gehen dabei häufig von Personen, die in direkter Nähe zum geplanten Objekt wohnen, aus. Diese Widerstände basieren dabei oft aus ungünstigen Veränderungen der Lebensumstände, die von den Anwohnern erwartet werden. Hierzu zählt insbesondere die Abnahme der Wohnqualität, die u.a. aus zusätzlichem Lärm und Verkehr, einer Reduktion von Freizeitflächen in der näheren Umgebung und bebauungsbedingter Verschattung resultieren.¹⁵⁴ Im Zuge von geplanten Projekten zur Nachverdichtung, kommt es daher immer wieder zu Bürgerinitiativen und Protestaktionen, die sich gegen das Bauprojekt stellen.¹⁵⁵

Letzten Endes liegt die Realisierung von bestehenden Nachverdichtungspotentialen in der Hand des Eigentümers auf dessen Grund es sich befindet. In diesem Zusammenhang ist es durchaus denkbar, dass der entsprechende Eigentümer vorhandene Potentiale überhaupt

¹⁵² Vgl. Stolz 2018

¹⁵³ Vgl. Stolz 2018.

¹⁵⁴ Vgl. Schultz 2018 und Kollenbroich 2016.

¹⁵⁵ Vgl. Kollenbroich 2016 und Bürgerinitiative Neuenheim o.J.

nicht realisieren möchte. Als Beispiel für diesen Umstand soll ein Gedankenspiel anhand des in Abschnitt 4.1 beschriebenen Grundstücks dienen. Wie im Abschnitt 4.1 erläutert, besteht für das Grundstück ein deutliches Nachverdichtungspotential. Bei genauerer Betrachtung des Grundstücks eröffnen sich jedoch einige Hinweise die darauf hindeuten, dass es sich bei der Bebauung um ein Einfamilienhaus handeln könnte. Den ersten Hinweis darauf liefert das geringe Baurecht (GRZ von 0,2 und maximal zwei Geschosse), das im B-Plan festgelegt ist. Des Weiteren weist der B-Plan darauf hin, dass auf dem Grundstück nur Einzel- und Doppelhäuser zulässig sind und es sich bei der Zugangsstraße zum Grundstück um einen verkehrsberuhigten Bereich handelt.¹⁵⁶

Zudem erweckt das Luftbild (Abbildung 29) den Eindruck, dass die umgebende Grundstücksfläche (auf der das Nachverdichtungspotential besteht) durch die Hausbewohner als Gartenfläche genutzt wird. Dieser Eindruck entsteht zum einen durch die Terrasse am Haus und den Pavillon am rechten Grundstücksrand, sowie durch den allgemeinen, gepflegten Zustand des Grundstücks.

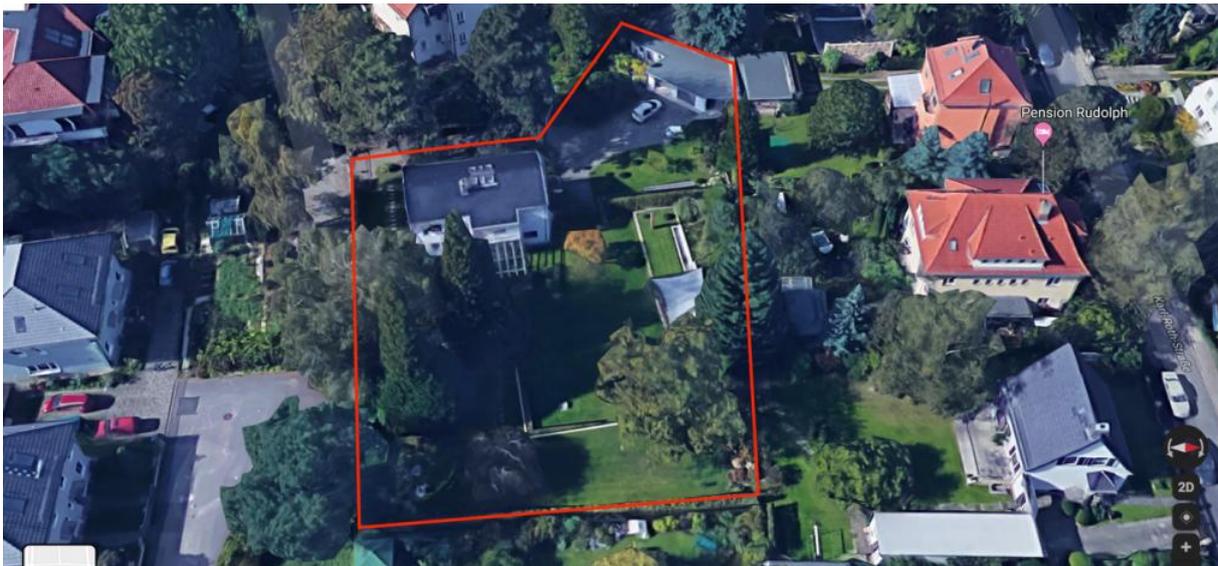


Abbildung 29: Schrägluftbild des in Abschnitt 4.1 beschriebenen Grundstücks.¹⁵⁷

Insgesamt ist es demnach durchaus möglich, dass es sich bei dem Objekt um ein Einfamilienhaus handelt, dessen Garten von den Hausbewohnern genutzt wird. Es ist also denkbar, dass der Grundstückseigentümer das beschriebene Nachverdichtungspotential überhaupt nicht realisieren möchte. Diese Annahme basiert darauf, dass er vermutlich das gesamte Grundstück in seiner Gänze nutzt.

Anzumerken ist, dass es sich bei dem oben genannten Beispiel um ein Gedankenspiel handelt, das in der beschriebenen Weise, nicht die Realität abbildet. Dennoch ist es aus den oben

¹⁵⁶ Vgl. Landeshauptstadt Dresden 2004.

¹⁵⁷ vgl. Google LLC 2019.

genannten Gründen durchaus denkbar, dass diese (oder ähnliche) Szenarien auf einigen Potentialgrundstücken vorzufinden sind.

Insgesamt gibt es demnach einige Gründe, die gegen die Realisierung vorhandener Nachverdichtungspotentiale sprechen können. Zudem sind Szenarien denkbar, in denen diverse Hindernisse die Umsetzung von Potentialen be- bzw. verhindern. Es lässt sich bei dieser Thematik also ein deutlicher Konflikt zwischen den Zielen von Projektentwicklern und den Zielen der Stadtplanung und –entwicklung erkennen.

Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass nicht jedes Potential realisiert werden muss, nur weil es theoretisch besteht. So kann die Umsetzung sämtlicher Potentiale zu einer Verschlechterung der Attraktivität einer Stadt führen.

Ein System zur automatisierten Identifikation von Nachverdichtungspotentialen ist demnach nicht als Allheilmittel für das Problem der Flächeninanspruchnahme anzusehen. Vielmehr muss der Ansatz als Werkzeug zur objektiven Bestimmung des theoretisch vorhandenen Nachverdichtungspotentials verstanden werden. Ob sich ein Grundstück letztlich für die Realisierung vorhandener Potentiale eignet, muss dabei weiterhin eine Einzelfallentscheidung bleiben. In diese Entscheidung müssen weitere Informationen, neben den Daten zur Maximal- und der Ist-Bebauung, einfließen.

5.2 Über das bestehende Baurecht hinaus

Das Modell zur automatisierten Identifikation von Nachverdichtungspotentialen ist darauf ausgelegt, die implementierten Daten auszuwerten. Das führt dazu, dass jeder Fall, der nicht in den Daten dokumentiert ist oder daraus abgeleitet werden kann, keine Beachtung findet. Diese Thematik ist bei der Betrachtung des zulässigen Baurechts besonders relevant. Die Bestimmung der zulässigen Bebauung erfolgt dabei lediglich über den, in Abschnitt 4.1 erläuterten, Ansatz. Ein entscheidender Schwachpunkt dieser Vorgehensweise erwächst daraus, dass die aktuelle rechtliche Lage hier als unveränderlich angenommen wird. In der Realität besteht dagegen durchaus die Möglichkeit, dass das bestehende Baurecht durch die Gemeinde verändert wird. Tatsächlich stehen einer Gemeinde in diesem Zusammenhang mehrere Werkzeuge zur Verfügung.

Zum einen ist eine Gemeinde durch den §8 BauGB jederzeit berechtigt, den Inhalt bestehender Bebauungspläne zu verändern. Zum anderen erlaubt der §12 BauGB, dass eine Gemeinde einen vorhabenbezogenen Bebauungsplan aufstellen kann. In einem vorhabenbezogenen B-Plan kann die Gemeinde die baurechtliche Zulässigkeit eines einzelnen Bauvorhabens festlegen. Dementsprechend können das erlaubte Maß und die Art der Bebauung für dieses Vorhaben deutlich vom normalerweise für dieses Gebiet geltenden Baurecht abweichen.

Ein weiteres Werkzeug, das der Kommune zur Verfügung steht ist der, in §11 BauGB geregelte, städtebauliche Vertrag. Prinzipiell kann ein städtebaulicher Vertrag unterschiedliche Inhalte, wie z.B. die Schaffung von Sozialwohnungen oder die Umsetzung städtebaulicher Ziele umfassen. Kennzeichnend für einen Vertrag dieser Art ist, dass ein Investor die Kosten für diese städtebaulichen Projekte ganz oder zumindest teilweise übernimmt. Im Gegenzug schafft die Gemeinde i.d.R. explizites Baurecht in Form eines B-Plans für einen Bereich.¹⁵⁸

Zusätzlich hat die Kommune bei der Bewertung des Baurechts nach §31 BauGB Ermessensspielraum. Das bedeutet, dass unter den in §31 BauGB festgelegten Bedingungen von den Bestimmungen des B-Plans abgewichen werden kann.

Durch die Möglichkeit, bestehendes Baurecht zu ändern und zu erweitern, kann durch Anwendung der genannten Werkzeuge ein erhebliches Potential für neue Nachverdichtungsflächen entstehen. Allerdings sind der Ort und der Umfang dieses Potentials nicht offensichtlich und müssen immer im Einzelfall mit der Behörde abgeklärt bzw. angefragt werden. Aus diesem Grund kann die Erfassung dieser Potentiale nicht automatisiert werden.

Das führt jedoch dazu, dass die Ergebnisse, die eine automatisierte Identifikation von Nachverdichtungspotentialen ergeben, nicht als vollumfänglich und abschließend anzusehen sind. Das Modell gibt also nur Aufschluss über die offensichtlich vorhandenen Potentialflächen. Neben diesen Flächen können aber durchaus weitere Potentiale bestehen. Diese Flächenreserven können jedoch nur durch einzelfallbezogene Absprachen mit der Kommune aufgedeckt werden.

5.3 Fehler in der verwendeten Datenquelle und deren Interpretation

Ein weiterer, zu beachtender Punkt ist die Möglichkeit, dass während der automatischen Auswertung Fehler gemacht wurden. Hierbei können Fehler sowohl in der Datenquelle selbst, als auch bei der Interpretation der Daten entstehen. In diesem Zusammenhang sind insbesondere die aus der Statistik bekannten Fehler 1. und 2. Art (α - und β -Fehler) zu beachten.

Ein Fehler 1. Art tritt auf, wenn die aufgestellte Hypothese (in diesem Fall: „es besteht ein Nachverdichtungspotential“) zurückgewiesen wird, obwohl sie in Wirklichkeit wahr ist.

Übertragen auf den vorliegenden Fall bedeutet das, dass die Auswertung für ein Grundstück kein Nachverdichtungspotential erkennt, obwohl dieses in Wirklichkeit vorliegt.¹⁵⁹ Als Beispiel für diese Fehlerart kann der im Abschnitt 5.2 beschriebene Umstand genannt werden. Das System erkennt, aufgrund des bestehenden Baurechts, kein Nachverdichtungspotential für das betrachtete Grundstück. Die Möglichkeit, dass ein zusätzliches Flächenpotential durch eine Änderung des Baurechts erreicht werden kann, wird hier jedoch außenvorgelassen.

¹⁵⁸ Vgl. Stengel 2019.

¹⁵⁹ Vgl. Wirtschaftslexikon24 2017.

Fehler der 2. Art treten auf, wenn die aufgestellte Hypothese als richtig betrachtet wird, obwohl die Alternativhypothese wahr ist.¹⁶⁰ Angewendet auf die vorliegende Anwendung bedeutet das, dass ein Nachverdichtungspotential erkannt wird, obwohl für dieses Grundstück tatsächlich kein Potential besteht. Zur Veranschaulichung hierfür kann das in Abschnitt 4.3.2 erläuterte Beispiel genannt werden. Der Fehler soll dabei an dem 1. Gebäude aus dem Abschnitt 4.3.2 erläutert werden. Wie beschrieben, war für dieses Gebäude eine Stockwerksanzahl von zwei Stockwerken im ALKIS hinterlegt. Das, in Abbildung 30 gezeigte Schrägluftbild dieses Gebäudes lässt jedoch vermuten, dass es tatsächlich dreigeschossig ist. Diese Annahme basiert dabei auf den drei, übereinander angeordneten Fensterreihen.

Im Bebauungsplan für dieses Areal wurde festgelegt, dass maximal drei Stockwerke ausgeführt werden dürfen. Das Gebäude reizt diese Maximalbebauung demnach bereits aus. Eine Nachverdichtung durch Aufstockung ist also in der Realität nicht möglich, obwohl eine automatisierte Auswertung ein Potential identifizieren würde.



Abbildung 30: Schrägluftbild eines der Beispielgebäude aus Abschnitt 4.3.2.¹⁶¹

¹⁶⁰ Vgl. Wirtschaftslexikon24 2017.

¹⁶¹ Google LLC 2019.

6 Fazit und Ausblick

Das folgende Kapitel dient als Zusammenfassung der, in dieser Arbeit gewonnen, Erkenntnisse. Hierzu werden zunächst die Hauptergebnisse der Arbeit vorgestellt. Im nächsten Schritt werden identifizierte Hindernisse bei der Erstellung, sowie Limitationen der Arbeit erläutert. Abschließend wird ein Ausblick über den zukünftigen Forschungsbedarf im Zusammenhang mit dieser Arbeit gegeben.

6.1 Hauptergebnisse der Arbeit

Um die Hauptergebnisse der Arbeit zu skizzieren, werden im Folgenden die einzelnen Forschungsfragen der Einleitung aufgegriffen und beantwortet.

Welche Anforderungen müssen gegeben sein, damit ML für eine automatisierte Identifikation von Flächen mit Entwicklungspotential genutzt werden kann?

Die erste Erkenntnis der Arbeit ist, dass das Gebiet der künstlichen Intelligenz, sowie des maschinellen Lernens für die Informationsbeschaffung weniger relevant ist, als zunächst angenommen. Hauptziel der Arbeit war es, Ansätze zu finden, mit deren Hilfe die Vorhersagegenauigkeit des Systems zur automatisierten Identifikation von Nachverdichtungspotentialen verbessert werden kann. In diesem Zusammenhang lag der Fokus insbesondere darauf, die zur Verbesserung notwendigen Daten zu identifizieren und flächendeckende Datenquellen zu finden. Des Weiteren wurde, je Verbesserungsansatz, eine Vorgehensweise zur Umsetzung des Ansatzes vorgestellt. Diese Vorgehensweise war dabei rein theoretischer Natur. Das bedeutet, dass die praktische, programmtechnische Umsetzung, bei der Methoden der KI eine erhebliche Rolle spielen, nicht Teil dieser Masterarbeit war. Der Einsatz von KI und ML beschränkt sich im Zusammenhang mit dieser Arbeit demnach lediglich auf die Beschaffung von Informationen. So bestand zu Beginn der Arbeit beispielsweise die Idee, die Stockwerksanzahl eines Gebäudes über die Auswertung von Bilddaten zu ermitteln. Hierbei sollte die Anordnung der Fenster mittels Bilderkennung geprüft werden, um daraus die Anzahl der Stockwerke abzuleiten. Ebenso bestand der Ansatz, Brachflächen über die Erkennung von Verfallserscheinungen, ebenfalls mittels Bilderkennung, zu identifizieren. Im Laufe der Arbeit hat sich jedoch herausgestellt, dass für nahezu jeden Verbesserungsvorschlag bereits anwendbare Informationsquellen existieren. Die Notwendigkeit, diese Informationen mittels Bilderkennung zu sammeln wurde demnach deutlich geschmälert. Im Zusammenhang mit der Stockwerksanzahl bot sich insbesondere das ALKIS und das digitale Gebäudemodell in LoD2 an. Die Stockwerksanzahl kann demnach direkt aus bereits bestehenden Datenquellen abgeleitet werden. Auch im

Zusammenhang mit der Identifikation von Brachflächen hat sich ein anderer Ansatz herausgestellt, mit dessen Hilfe der Nutzungsstatus eines Gebäudes bewertet werden kann.

Im Zusammenhang mit der Informationsbeschaffung hat sich die KI gestützte Texterkennung von gescannten Baugenehmigungen als neue Datenquelle zur Bewertung der vorhandenen Bausubstanz als einziges Anwendungsgebiet für künstliche Intelligenz ergeben.

Ein Bedarf für die Anwendung von Werkzeugen der KI wird erst in den nächsten Schritten, die über die reine Informationsbeschaffung hinausgehen, erwartet. Die Anwendung von KI ist insbesondere bei der Auswertung der Daten sowie bei einer eventuellen Bewertung der Qualität und Umsetzbarkeit von Nachverdichtungspotentialen denkbar.

Wie muss eine Data-Science-Studie aufgebaut werden, um einen entsprechenden Algorithmus zur Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit zu entwickeln?

Wie bereits erwähnt, liegt der Hauptfokus der Arbeit auf der Beschaffung von Informationen, die zur Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit eingesetzt werden können. Die Data-Science Studie umfasst im Zusammenhang dieser Arbeit demnach weitestgehend die Informationsbeschaffung sowie eine Beschreibung der Vorgehensweise zur Implementierung der Verbesserung. Die technische Umsetzung wurde dabei nicht behandelt. Ein großer Teil einer tatsächlichen Data-Science-Studie, der die technische Umsetzung und Erprobung des Ansatzes behandelt, wurde also in dieser Arbeit nicht untersucht.

Welche Daten können nicht durch einen Algorithmus analysiert werden? Welche Parameter müssen weiterhin manuell geprüft werden? Wie weit kann der Analyseprozess automatisiert werden?

Es hat sich gezeigt, dass der größte Teil der betrachteten Ansätze zur Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit automatisieren lassen. Ein Teilbereich, der sich derzeit nicht vollumfänglich automatisieren lässt, ist eine Innenbereichsabgrenzung, die den Anforderungen des §34 BauGB (und insbesondere der hierzu gültigen Rechtsprechung) entspricht. Ebenso kann die automatische Festlegung von Ausschlussflächen, die aus hinderlichen Grundbuchregelungen resultieren, nicht vollumfänglich automatisiert werden. Beide Fälle resultieren aus fehlenden Informationen, die zur Bewertung notwendig sind. Eine Beschaffung dieser Daten ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht denkbar. Auch wird der gesamte Nachverdichtungs-/ Projektentwicklungsprozess, der über die reine Suche von Potentialflächen hinausgeht, weiterhin manuell geprüft werden müssen. Zwar ist es durchaus denkbar, eine Standortanalyse für die einzelnen Potentialflächen, zumindest teilweise, zu automatisieren. Die Bewertung, ob eine Nachverdichtung aus städtebaulicher Sicht sinnvoll ist, obliegt jedoch weiterhin der manuellen Prüfung. Ebenso kann der im Abschnitt 5.2 angesprochen Punkt der Baurechtsänderung nicht automatisiert ermittelt werden.

Welche Hindernisse, hinsichtlich der Datenbeschaffung, bestehen bei einer automatisierten Abfrage von grundstücksbezogenen Daten? Wie zugänglich sind diese Daten? Wie umfangreich ist die Datenbeschaffung?

Der größte Teil der benötigten Daten kann aus existierenden Geodaten extrahiert werden. Hierbei sind insbesondere das ALKIS, sowie die Gebäudedaten in LoD1 und LoD2 zu nennen. Hindernisse bei der Datenbeschaffung erwachsen insbesondere dann, wenn Daten nicht zentralisiert von der Regierung gesammelt werden. Das ist insbesondere bei der Bewertung der Brachflächen der Fall. Hier liegen die Daten zu grundstücksbezogenen Leistungen bei den städtischen Ver- und Entsorgungsunternehmen. Damit sie im Zuge der Brachflächenermittlung genutzt werden können, müssen sie jedoch im System zur automatischen Identifikation von Nachverdichtungspotentialen hinterlegt werden.

Eine lückenhafte Datenverfügbarkeit wurde auch bei der Bewertung von Dienstbarkeiten festgestellt. Das hat den Hintergrund, dass im Grundbuch lediglich auf vorhandene Dienstbarkeiten hingewiesen wird. Die Beschreibung der Dienstbarkeit im Speziellen, muss dabei dem Vertrag/ der Einigung über die Dienstbarkeit entnommen werden.

Auch bei der Zuhilfenahme von Baugenehmigungen als Datenquelle ist die Verfügbarkeit eingeschränkt. Dieser Umstand betrifft jedoch nur die Bundesländer Berlin und Hamburg sowie Teile von Mecklenburg-Vorpommern. In den übrigen Bundesländern werden Bauakten von der zuständigen unteren Bauaufsichtsbehörde archiviert.

Auch die Auswertung von regional geltenden Bebauungs- und Flächennutzungsplänen kann zu Hindernissen führen. Hintergrund dafür ist, dass diese Daten nicht zentralisiert gesammelt werden und daher kleinteilig, bei der jeweiligen Gemeinde abgefragt werden müssen.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass sich die Identifikation von Nachverdichtungspotentialen insgesamt gut automatisieren lässt. Zudem konnten einige Aspekte herausgearbeitet werden, die zu einer Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit führen. Es hat sich auch gezeigt, dass die Vorhersagegenauigkeit durch die Verwendung zusätzlicher Datenquellen deutlich verbessert werden kann.

Insgesamt ist jedoch zu sagen, dass es sich bei der automatisierten Identifikation von Nachverdichtungspotentialen nicht um ein Allheilmittel zur Bekämpfung der hohen Flächeninanspruchnahme handelt. Das System sollte dabei nur Vorschläge liefern, wo theoretisch Potentiale bestehen. Keinesfalls darf angenommen werden, dass sich die aufgedeckten Potentiale auch zu 100% realisieren lassen. Die Realisierung von Nachverdichtungspotentialen kann dabei aus verschiedenen Gründen unsinnig sein. Ob sich ein Nachverdichtungspotential sinnvoll realisieren lässt, muss dabei weiterhin im Einzelfall geprüft werden.

6.2 Hindernisse und Limitationen

Der Großteil der Limitationen und Hindernisse, die im Laufe der Arbeit identifiziert wurden, sind bereits in den jeweiligen Abschnitten, in denen sie auftreten erläutert. An dieser Stelle ist insbesondere die Thematik der Datenaktualität und Datenverfügbarkeit zu erwähnen. Wie im Abschnitt 4.3.2 beschrieben, sind einige der Daten, die zur Bestimmung der Stockwerksanzahl herangezogen werden (insbesondere LoD2 und LoD1) bereits mehrere Jahre alt. Auch eine eingeschränkte Datenverfügbarkeit in manchen Bereichen ist als deutliches Hindernis anzusehen. Hier ist insbesondere die Information aus der genauen Gebäudenutzung im ALKIS zu nennen. Wie im Abschnitt 4.3.3 erläutert, wird im ALKIS nur nach den drei Hauptnutzungsarten flächendeckend kategorisiert. Die über 250 verfügbaren Unterkategorien werden dabei nur vereinzelt verwendet. Das führt dazu, dass eine Abgrenzung des Innenbereichs, die mit dem §34 BauGB kompatibel ist, nicht vollumfänglich implementiert werden kann. Auch die Einordnung in die Baugebiete der §§1ff. BauNVO wird dadurch erschwert, wenn das Baugebiet nicht offiziell (z.B. durch einen Flächennutzungsplan) ausgewiesen ist. Ebenso stößt die automatisierte Bestimmung von Ausschlussflächen durch Dienstbarkeiten durch mangelnde Datenverfügbarkeit an ihre Grenzen (vgl. Abschnitt 4.4).

Auch die Verwendung von Baugenehmigungen als neue Datenquelle wird dadurch eingeschränkt, dass Zweitschriften von erteilten Baugenehmigungen nicht in allen Bundesländern von staatlicher Seite gesammelt werden.

Eine weitere Limitation ist die offene Frage des einzuhaltenden Datenschutzes. Wie beschrieben, sind eventuelle Konflikte mit dem einzuhaltenden Datenschutz in einigen Ansätzen zur Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit zu erkennen. Diese Datenschutzbedenken erwachsen insbesondere daraus, dass in einigen Ansätzen grundstücksbezogene Daten verwendet werden, die unter Umständen schützenswert sind. Eine vollumfängliche Bewertung der Datenschutzthematik war im Zusammenhang mit dieser Arbeit nicht möglich. Auch eine Anfrage bei der Datenschutzstelle der Stadt Kaiserlautern hat diesbezüglich zu keinen weiterführenden Ergebnissen geführt.

Die größte Limitation dieser Arbeit resultiert daraus, dass keine vollständige Data-Science Studie durchgeführt wurde. Ein wichtiger Schritt der Data-Science Studie ist die Validierung und Evaluierung des Modells anhand seiner Vorhersagegenauigkeit.¹⁶² Auch im Zuge des, vom IÖR entwickelten, Systems hat die Modellvalidierung eine zentrale Rolle eingenommen (vgl. Abschnitt 3.2). Während der Validierung wird das System auf ein Gebiet angewendet, in dem der Umfang der vorhandenen Nachverdichtungsflächen bereits bekannt ist. Auf diese Weise

¹⁶² Vgl. Ng/ Soo 2017, S.18.

kann geprüft werden, wie nah das Modell den tatsächlich vorgefundenen Gegebenheiten kommt.

Wie bereits erwähnt, wurde die Data-Science Studie in Bezug auf diese Arbeit weitestgehend auf die Informationsbeschaffung, sowie auf eine theoretische Beschreibung der Vorgehensweise beschränkt. Die praktische Anwendung war dabei nicht Teil dieser Arbeit. Das führt jedoch dazu, dass kein fertiges Modell geschaffen wurde. Ohne ein Modell kann auch keine Validierung erfolgen. Zwar ist die Vorgehensweise durch die erläuterten Beispiele und durch Experten als prinzipiell theoretisch richtig eingestuft worden, die tatsächliche Vorhersagegenauigkeit kann jedoch nicht geprüft werden.

6.3 Ausblick

Durch die inhaltliche Begrenzung der Masterarbeit sind einige Aspekte, die für die praktische Umsetzung der Verbesserungsvorschläge notwendig ist, nicht behandelt worden. Zudem ergeben sich aus den Ergebnissen weitere Aspekte, die im Anschluss an diese Arbeit interessante Forschungsgebiete darstellen. Insbesondere die folgenden Aspekte kommen dabei für eine weitergehende Betrachtung infrage.

Wie schon erwähnt, besteht eine maßgebliche Limitation der Arbeit darin, dass die aufgezeigten Verbesserungsvorschläge lediglich hinsichtlich ihrer theoretischen Umsetzbarkeit untersucht wurden. Anschließend an diese Arbeit ist es daher erforderlich, dass die theoretisch erläuterten Ansätze praktisch umgesetzt werden. Hierbei ist es insbesondere relevant, die Umsetzbarkeit der Ansätze zu prüfen. Ebenso relevant ist es, die Ansätze hinsichtlich der Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit zu validieren. Hierbei müssen die Ergebnisse der automatisierten Identifikation mit gesicherten Ergebnissen (z.B. durch manuelle Analyse einer, oder mehrerer Gemeinden) verglichen werden. Auf diese Weise kann geprüft werden, wie nah das System den tatsächlich vorhandenen Gegebenheiten kommt.

Eine zweite Erweiterungsmöglichkeit bezieht sich darauf, die identifizierten Nachverdichtungspotentiale hinsichtlich ihrer Qualität zu bewerten. Nicht jede Fläche, auf der ein Nachverdichtungspotential besteht, ist auch automatisch für die Umsetzung dieses Potentials geeignet. Beispielsweise ist es denkbar, dass eine Fläche durch ihre Lage erhebliche Standortnachteile aufweist, die eine zusätzliche Bebauung unattraktiv machen. Auch ist es denkbar, dass einzelne Nachverdichtungsflächen schwierig zu erschließen sind (z.B. Flächen mit erhöhtem Erschließungsaufwand ab einer Entfernung über 50m zur Straße aus dem Abschnitt 3.1.2). Neben den genannten Beispielen sind viele weitere Faktoren bei der Bewertung der Qualität einzelner Nachverdichtungsflächen zu beachten. Insbesondere sind hierbei die Aspekte der

Standortanalyse relevant. Im Bereich der Standortanalyse gibt es bereits einige Werkzeuge, durch die eine Analyse, zumindest teilweise, automatisiert werden kann. Ein Beispiel hierfür ist das „Contor-Regio Standortanalyse-Tool“. Das Werkzeug ermittelt dabei automatisiert die Stärken und Schwächen einer bestimmten Region oder Stadt und gibt diese aus.¹⁶³ Das System bezieht sich demnach größtenteils auf den Makrostandort als Analysegegenstand. Für die Bewertung der Güte einer Nachverdichtungsfläche ist jedoch vor allem die Analyse des Mikrostandortes relevant. Anzumerken ist in diesem Zusammenhang, dass die Datenbeschaffung für die Analyse des Mikrostandortes extrem kleinteilig ausfallen kann. Zudem sind, neben den genannten Datenquellen, sehr viele weitere Informationsquellen zur Bewertung des Standortes notwendig. Unter Umständen kann es daher sinnvoll sein, die Bewertung der Standortqualität auf Daten abzustellen, die bereits in den genannten Quellen enthalten sind. Das betrifft beispielsweise die Grundstücksform, die Erschließbarkeit sowie topographische Gegebenheiten auf dem Grundstück. Nachdem eine Nachverdichtungsfläche identifiziert wurde, können diese Daten dann in einem zweiten Arbeitsschritt abgefragt werden. Bei dieser Abfrage kann zudem ein System der KI verwendet werden, um diese Daten automatisiert zu bewerten.

Eine zusätzliche Erweiterungsmöglichkeit bezieht sich darauf, Nachverdichtungspotentiale in einem, auf den verschiedenen LoD Gebäudedaten basierenden, digitalen Stadtmodell, zu visualisieren.

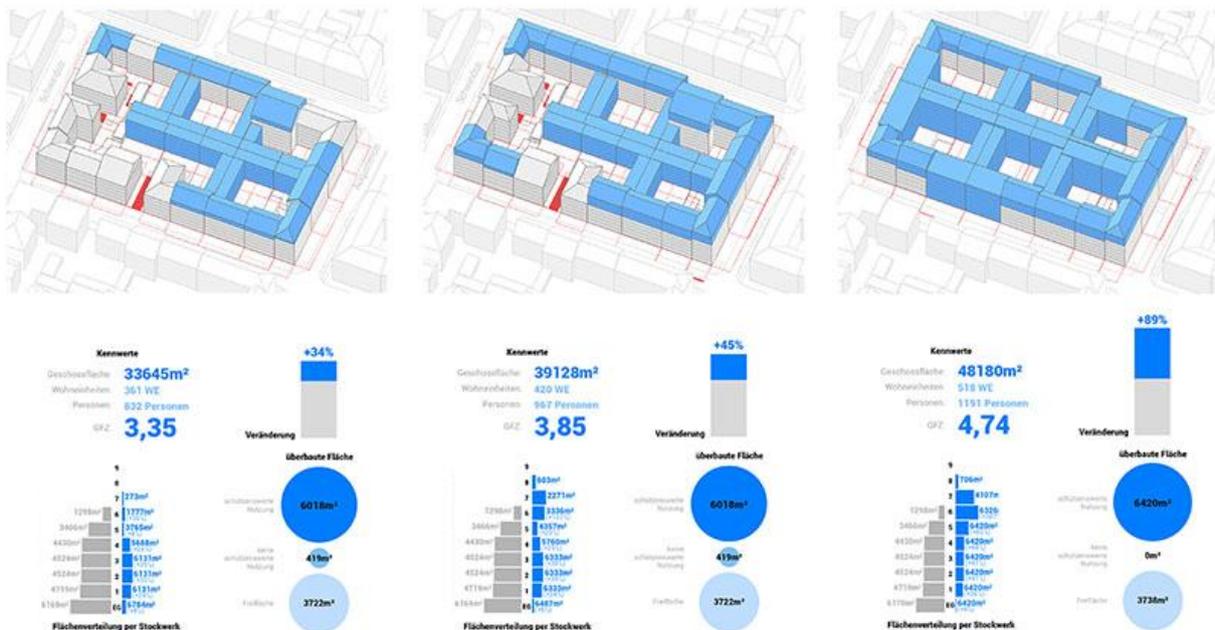


Abbildung 31: Verschiedene Nachverdichtungsszenarien im „Urban Strategy Playground“.¹⁶⁴

¹⁶³ Vgl. Contor GmbH o.J.

¹⁶⁴ TU München Fakultät für Architektur o.J.

Zusätzlich zu der reinen Visualisierung von Potentialflächen kann es in diesem Zusammenhang sinnvoll sein, dass Veränderungen in der Bausubstanz ebenfalls in diesem System simuliert werden können. Die Inspiration zu dieser Erweiterung stammt dabei aus dem Projekt „USP Urban Strategy Playground“ der TU München. Mit Hilfe dieses Tools können Planer verschiedene Nachverdichtungsstrategien und Ausführungsvarianten innerhalb eines 3D Stadtmodells visualisieren und untereinander vergleichen. Hierdurch soll es Planern ermöglicht werden, einen schnellen Überblick über verschiedene Nachverdichtungsszenarien zu erlangen. Diese Varianten können dann als Argumentationsgrundlage in planerischen und politischen Entscheidungsprozessen eingesetzt werden.¹⁶⁵ Die Abbildung 31 zeigt dabei verschiedene Variationen von Nachverdichtungspotentialen, mit variierenden Bebauungsdichten (blau markiert) innerhalb des Urban Strategy Playgrounds. Wird nun die automatisierte Identifikation von Nachverdichtungspotentialen mit einem solchen, interaktiven Stadtmodell kombiniert, könnten die Auswirkungen der Nachverdichtung zukünftig besser geschätzt und geplant werden.

¹⁶⁵ Vgl. TU München Fakultät für Architektur o.J.

Literatur- und Quellenverzeichnis

Literaturverzeichnis

Buchwerke

Alda, W./ Hirschner, J. (2016): *Projektentwicklung in der Immobilienwirtschaft*. 6. Auflage. Wiesbaden: Springer Fachmedien.

Bielefeld, B./ Wirths, M. (2010): *Entwicklung und Durchführung von Bauprojekten im Bestand – Analyse – Planung – Ausführung*. 1. Auflage. Wiesbaden, Springer Fachmedien.

Brauer, K. (Hrsg.). (2018): *Grundlagen der Immobilienwirtschaft – Recht – Steuern – Marketing – Finanzierung – Bestandsmanagement – Projektentwicklung*. 10. Auflagen. Wiesbaden: Springer Fachmedien.

Colhoun, O. (2019): *Texterkennung*. In: Gressner A.M., Arndt T. (Hrsg.) *Lexikon der Medizinischen Laboratoriumsdiagnostik*. Springer Reference Medizin. Springer, Berlin, Heidelberg

Ertle-Straub. (2018): *Immobilienmarketing*. in Brauer, K. (2018). *Grundlagen der Immobilienwirtschaft – Recht – Steuern – Marketing – Finanzierung – Bestandsmanagement – Projektentwicklung*. 10. Auflagen. Wiesbaden: Springer Fachmedien.

Krüper, J.: *Bauplanungsrecht*. In Rottke, N. et al. (Hrsg.). (2016): *Immobilienwirtschaftslehre – Recht*. 1. Ausgabe. Wiesbaden: Springer Fachmedien.

Ng, A./ Soo, K. (2017): *Data Science – Was ist das eigentlich?!*. Heidelberg: Springer Verlag.

Rehbein, M. (2017) *Digitalisierung*. In: Jannidis F., Kohle H., Rehbein M. (Hrsg.) *Digital Humanities*. J.B. Metzler, Stuttgart

Schulte, K. et al. (Hrsg.) (2016): *Immobilienökonomie I*. 5. Auflage. Berlin: Walter de Gruyter GmbH.

Gesetze und Verordnungen

Baugesetzbuch (BauGB) in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. September 2004 (BGBl. I S. 2414), zuletzt geändert durch Gesetz am 03. November 2017 (BGBl. I S. 3634).

Baunutzungsverordnung (BauNVO) in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. November 2017 (BGBl. I S. 3786).

Bayrisches Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr vom 13. Juli 2017, Az. IIB4-0245-002/17: *Aufbewahrung und Archivierung von Baugenehmigungsakten*.

Bürgerliches Gesetzbuch (BGB) in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. Januar 2002 (BGBl. I S. 42, 2909; 2003 I S. 738), zuletzt geändert durch Gesetz am 31. Januar 2019 (BGBl. I S. 54).

Hessisches Archivgesetz (HArchivG), in der Fassung der Bekanntmachung vom 26. November 2012.

Landesbauordnung (LBO) Baden-Württemberg in der Fassung der Bekanntmachung vom 05. März 2005 (GBl. Nr. 7, S. 358), zuletzt geändert durch Gesetz am 21. Nov 2017 (GBl. Nr. 23 S. 612).

Landesbauordnung (LBO) Bayern in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. August 2007 (GVBl. S. 588), zuletzt geändert durch Gesetz am 21. Nov 2017 (GVBl. S. 98)

Landesbauordnung (LBO) Berlin in der Fassung der Bekanntmachung vom 29. September 2005 (GVBl. S. 495), zuletzt geändert durch Gesetz am 09. April 2018 (GVBl. S. 205).

Landesbauordnung (LBO) Berlin in der Fassung der Bekanntmachung vom 29. September 2005 (GVBl. S. 495), zuletzt geändert durch Gesetz am 09. April 2018 (GVBl. S. 205).

Landesbauordnung (LBO) Brandenburg in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. November 2018 (GVBl. I/18)

Landesbauordnung (LBO) Bremen in der Fassung der Bekanntmachung vom 07. September 2018

Landesbauordnung (LBO) Hamburg in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. Dezember 2005 (GVBl. S. 525), zuletzt geändert durch Gesetz am 26. November 2018 (GVBl. S. 371).

Landesbauordnung (LBO) Hessen in der Fassung der Bekanntmachung vom 07. Juli 2018.

Landesbauordnung (LBO) Mecklenburg- Vorpommern in der Fassung der Bekanntmachung vom 01. September 2006 (GVBl. S. 102), zuletzt geändert durch Gesetz am 15. Oktober 2015 (GVBl. S. 334).

Landesbauordnung (LBO) Niedersachsen in der Fassung der Bekanntmachung vom 13. April 2012 (GVBl. S. 46), zuletzt geändert durch Gesetz am 20. Mai 2019 (GVBl. S. 88).

Landesbauordnung (LBO) Nordrhein-Westfalen in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. Juli 2018.

Landesbauordnung (LBO) Rheinland-Pfalz in der Fassung der Bekanntmachung vom 01. Oktober 2001 (GVBl. S. 365), zuletzt geändert durch Gesetz am 15. Juni 2015 (GVBl. S. 77).

Landesbauordnung (LBO) Saarland in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. Februar 2004, zuletzt geändert durch Gesetz am 13. Juni 2018 (Amtsblatt S. 632).

Landesbauordnung (LBO) Sachsen in der Fassung der Bekanntmachung vom 11. Mai 2016 (GVBl. S. 186), zuletzt geändert durch Gesetz am 11. Dezember 2018 (GVBl. S. 706).

Landesbauordnung (LBO) Sachsen-Anhalt in der Fassung der Bekanntmachung vom 01. September 2013 (GVBl. S. 440), zuletzt geändert durch Gesetz am 26. Juli 2018 (GVBl. S. 187).

Landesbauordnung (LBO) Schleswig-Holstein in der Fassung der Bekanntmachung vom 01. Mai 2009 (GVBl. S. 6), zuletzt geändert durch Gesetz am 16. Januar 2019 (GVBl. S. 30).

Landesbauordnung (LBO) Thüringen in der Fassung der Bekanntmachung vom 29. März 2014 (GVBl. S. 49), zuletzt geändert durch Gesetz am 18. Dezember 2018 (GVBl. S. 731).

Landesnaturenschutzgesetz NRW (LNatSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. August 1994 (GV. NRW. S.710), zuletzt geändert durch Gesetz am 09. Mai 2000 (GV. NRW. S. 487).

Musterbauordnung (MBO) in der Fassung der Bekanntmachung vom November 2002

Richtlinien für die Durchführung von Bauaufgaben des Freistaats Thüringen (RLBau) Vom 26. August 2011 (StAnz. Nr. 40 vom 04.10.2011 S. 1275; 26.11.2015 S. 2340; 22.07.2016 S. 1071; 30.11.2017 S. 1928) Gl.-Nr.: 21350-1

Verordnung über die Honorare für Architekten- und Ingenieurleistungen (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure – HOAI) in der Fassung der Bekanntmachung vom 04. November 1971 (BGBl. I S.1745, 1749), zuletzt geändert durch Gesetz am 10. Juli 2013 (BGBl. I S.2276).

Verwaltungsvorschrift des Sächsischen Staatsministeriums des Innern zur Sächsischen Bauordnung (VwVSächsBO) vom 18. März 2005 (SächsABl. SDr. S. S 59; SächsABl. S. 363), die zuletzt durch die Verwaltungsvorschrift vom 9. Mai 2019 (SächsABl. S. 782) geändert worden ist, zuletzt enthalten in der Verwaltungsvorschrift vom 4. Dezember 2017 (SächsABl. SDr. S. S 352)

Arbeits-, Diskussions-, Konferenzpapiere, Berichte von Organisationen, „Graue Literatur“

Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (ADV). (Hrsg.). (2015): *ALKIS-Grunddatenbestand und länderspezifische Inhalte*.

Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (ADV). (Hrsg.). (2018): *Produktdatenblatt 3D-Gebäudemodelle LoD1*.

Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (ADV). (Hrsg.). (2018-2): *Produktdatenblatt 3D-Gebäudemodelle LoD2*.

Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (ADV). (Hrsg.). (o.J.): *ATKIS-Objektartenkatalog – Aktueller Katalog – Teil D1: Basis DLM*.

B2K Böck – Kühnle – Koerner (Hrsg.). (2016): *Innenbereichserhebung der Gemeinde Goosefeld, Kreis Rendsburg-Eckernförde*. Verfügbar unter: <https://www.bob-sh.de/file/5aa0d0c1-9eeb-42a1-851b-40c736dd78de>. Zuletzt aufgerufen am 08.05.2019.

Bauer, T. in Saarbrücker Zeitung (Hrsg.). (2019): *Bauanträge künftig ganz ohne Aktenberge*. Verfügbar unter: https://www.saarbruecker-zeitung.de/saarland/im-saarland-soll-spaetestens-in-zwei-jahren-bauantraege-digitalisiert-werden_aid-37878337. Zuletzt geöffnet am 20.07.2019.

BBSR im BBR (Hrsg.). (2013): *Innenentwicklungspotentiale in Deutschland – Ergebnisse einer Bundesweiten Umfrage und Möglichkeiten einer automatisierten Abschätzung*. Sonderveröffentlichung.

BBSR in BBR (Hrsg.). (2016): *Potentiale und Rahmenbedingungen von Dachaufstockungen und Dachausbauten*. BBSR online Publikation Nr. 08/2018.

Biljecki, F. et al. (2016): *An improved LoD specification for 3D building Models*. Delft University of Technology.

Breuer, B./ Renner, M. in BBSR (Hrsg.). (o.J.): *Städtebauliche Nachverdichtung im Klimawandel*. Verfügbar unter: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/ExWoSt/Studien/2012/Nachverdichtung/01_Start.html?nn=431364¬First=true&docId=430450. Zuletzt geöffnet am 01.08.2019.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.). (2013): *Möglichkeiten und Grenzen des Ersatzneubaus*. In BBSR Berichte Kompakt 01/2013.

Bundesstiftung Baukultur (BSBK) (Hrsg.). (2018): *Besser bauen in der Mitte – Ein Handbuch zur Innenentwicklung*. Verfügbar unter: https://www.bundesstiftung-baukultur.de/sites/default/files/medien/8349/downloads/bsbk_besser-bauen-in-der-mitte.pdf. Zuletzt aufgerufen am 25.04.2019.

Bundesverwaltungsgericht (BVerwG) (Hrsg.). (2013): *Beschluss vom 14.03.2013*. BVerwG 4 B49.12.

Freie und Hansestadt Hamburg (Hrsg.), (2012): *Bebauungsplan Barmbek-Nord 33*.

Freistaat Thüringen (Hrsg.), (2014): *Richtlinie über die Aufbewahrung von Schriftgut in der Verwaltung des Freistaats Thüringen*. Thüringer Staatsanzeiger Nr. 30/2014 S. 899-914

Grundbuchamt Dresden (Hrsg.). (2018): *Grundbuch von Kleinschachwitz*.

Hamburgisches OVG (Hrsg.), (2013): *Urteil vom 22.10.2013*. 2 Bf 169/11.

Hecht, R./ Meinel, G.: Automatisierte Erfassung von Innenentwicklungspotentialen auf Grundlage von Geobasisdaten – Möglichkeiten und Grenzen. In Leibniz-Institut für Ökologische Raumentwicklung (IÖR). (Hrsg.). (2014): *Flächenutzungsmonitoring VI – Innenentwicklung, Prognose, Datenschutz*. IÖR Schriften Band 65 2014.

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg.). (2017): *Nachhaltige Innenentwicklung für Wohnungsbau*. Verfügbar unter: https://www.hessen-agentur.de/mm/mm002/nachhaltige_innenentwicklung_bf.pdf. Zuletzt aufgerufen am 26.04.2019.

Kollenbroich, B. in Spiegel (Hrsg.). (2016): *Höher, enger, dichter*. Verfügbar unter: <https://www.spiegel.de/wirtschaft/service/stadtplanung-wie-mehr-menschen-in-die-staedte-passen-sollen-a-1083766.html>. Zuletzt geöffnet am 01.08.2019.

Landeshauptstadt Dresden (Hrsg.). (2004): *Bebauungsplan Nr. 90L*.

Landeshauptstadt München, Referat für Stadtplanung und Bauordnung (Hrsg.). (2002): *Baugenehmigung gem. Art. 72 Bayrische Bauordnung (BayBo) mit aufschiebenden Bedingungen*.

Löwner, M./ Gröger, G. (2017): *Das neue LoD Konzept für CityGML 3.0*.

Meinel, G. et al. (Hrsg.) (2013): *Flächennutzungsmonitoring V – Methodik – Analyseergebnisse – Flächenmanagement*. IÖR Schriften Band 61 2013. Verfügbar unter: https://www.ioer.de/fileadmin/internet/IOER_schriften/IOER_Schrift_Band_61_kl_neu_alles.pdf. Zuletzt aufgerufen am 16.04.2019.

Meinel, G. et al. (Hrsg.). (2018): *Flächennutzungsmonitoring X – Flächenpolitik – Flächenmanagement – Indikatoren*. IÖR Schriften Band 76 2018. Verfügbar unter: https://www.ioer.de/fileadmin/internet/IOER_schriften/IOER_Schrift_76_DFNS_2018_neu_A.pdf. Zuletzt aufgerufen am 25.04.2019.

Pilger, A. und Früh, M. (2003): *Die Archivierung von Unterlagen über Bauvorhaben des Landes Hessen*.

Planungsverband Äußerer Wirtschaftsraum München. (2017): *Gemeinde Gröbenzell Kommunales Baulandkataster und Demographiekonzept*. Verfügbar unter: https://www.groeben-zell.de/fileadmin/content/PDF/Bevoelkerungsprognose/1_Kommunales_Baulandkatas-ter_und_Demografiekonzept.pdf. Zuletzt geöffnet am 15.05.2019.

Schulz, S. in Spiegel (Hrsg.). (2018): Die bald im Schatten leben. Verfügbar unter: <https://www.spiegel.de/wirtschaft/soziales/nachverdichtung-in-hamburg-die-bald-im-dunkeln-wohnen-a-1224377.html>. Zuletzt geprüft am 01.08.2019.

Spitzer, W. et al. (2017): *Monitoring der Nachverdichtung in der Stadt Salzburg*.

Stadt Kaiserslautern (Hrsg.). (o.J.): *Flächennutzungsplan 2025*.

Stadt Porta Westfalica (Hrsg.). (2018): *Innenbereichssatzung Costedt*. Verfügbar unter: [https://www.portawestfalica.de/sv_porta_westfalica/Stadtleben/Bauen%20und%20Woh-nen/Stadtentwicklung%20und%20B%C3%BCrgerbeteiligung/Bauleitplanung/Rechtsverbind-liche%20Bebauungspl%C3%A4ne/Innenbereichssat-zung%20Costedt%20\(2.%20%C3%84nd.\)/](https://www.portawestfalica.de/sv_porta_westfalica/Stadtleben/Bauen%20und%20Woh-nen/Stadtentwicklung%20und%20B%C3%BCrgerbeteiligung/Bauleitplanung/Rechtsverbind-liche%20Bebauungspl%C3%A4ne/Innenbereichssat-zung%20Costedt%20(2.%20%C3%84nd.)/). Zuletzt geöffnet am 10.07.2019.

Stareczek, R. (o.J.): *Bauakten*. Verfügbar unter: <https://www.immobilien-sachversta-endige.info/media/pdfs/Kapitel%203.3%20Bauakte%2C%20Bauakten%2C%20Bauan-trag%2C%20Bauvorlage%2C%20Baugenehmigung%2C%20Baugenehmigungsverfah-ren%2C%20Bauzeichnungen.pdf>. Zuletzt geöffnet am 19.07.2019.

Statistisches Bundesamt (Hrsg.). (2018): *97% der Bevölkerung an die öffentliche Kanalisation angeschlossen*. Pressemitteilung Nr. 471.

Stolz, P. (2018): *Bioklimatische Belastung einer Stadt – Am Fallbeispiel der Stadtklimaanalyse Mannheim 2010*. Verfügbar unter: https://www.klima.tu-berlin.de/dokuwiki-op14/doku.php?id=wiki:stadtklimaanalyse_mannheim. Zuletzt geöffnet am 01.08.2019.

Treiber, D. in Welt (Hrsg.). (2008): *Neue Bauherren-Pflicht: Akten sicher aufbewahren*.

Quellenverzeichnis

Internetquellen

Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (ADV). (Hrsg.). (2019): Amtliches *Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS)*. Verfügbar unter: <http://www.adv-online.de/AAA-Modell/ALKIS/>. Zuletzt geöffnet am 12.06.2019.

Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (ADV). (Hrsg.). (2019-2): *AFIS-ALKIS-ATKIS-Modell*. Verfügbar unter: <http://www.adv-online.de/AAA-Modell/>. Zuletzt geöffnet am 17.06.2019.

Bauratgeber Deutschland. (Hrsg.), (2018): *Unterlagen für den Bauantrag*. Verfügbar unter: <https://www.bauratgeber-deutschland.de/hausbauplanung-von-a-z/07-behoerden-antraege-und-vertraege/unterlagen-fuer-den-bauantrag/>. Zuletzt geöffnet am 18.07.2019.

Bayrisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr (Hrsg.). (2019): *Innenbereichs-satzung; Erlass*. Verfügbar unter: <http://www.freistaat.bayern/dokumente/leistung/14552537651>. Zuletzt geöffnet am 10.07.2019.

Bodinek, N. (2019): *Stromanbieter: Vielfalt in Deutschland*. Verfügbar unter: <https://www.bbx.de/strom/>. Zuletzt geöffnet am 06.06.2019.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU). (Hrsg.). 2016: Verhältnis öffentlich-rechtliche Entsorgung und private Versorgungswirtschaft. Verfügbar unter: <https://www.bmu.de/themen/wasser-abfall-boden/abfallwirtschaft/abfallpolitik/kreislaufwirtschaft/novelle-des-kreislaufwirtschaftsgesetzes-verhaeltnis-oeffentlich-rechtliche-entsorgung-und-private-entsorgungswirtschaft/>. Zuletzt geöffnet am 06.06.2019.

Bundesstiftung Baukultur (BSBK) (Hrsg.). (o.J.): *Möglichkeiten des Umbaus*. Verfügbar unter: https://www.bundesstiftung-baukultur.de/sites/default/files/medien/76/downloads/43_moeglichkeiten-umbau.pdf. Zuletzt geöffnet am 25.04.2019.

Bürgerinitiative Neuenheim. (o.J.): *Nachverdichtungsbeschluss*. Verfügbar unter: <https://www.buergerinitiative-neuenheim.de/problempunkte/nachverdichtungsbeschluss/>. Zuletzt geöffnet am 01.08.2019.

Claude (2018): Wie funktioniert ein neuronales Netz? Verfügbar unter: <https://scratch-book.ch/2018/09/wie-funktioniert-ein-neuronales-netz/>. Zuletzt geöffnet am 27.04.2019.

Contor GmbH (o.J.): Contor-Regio Softwaretool zur Standortanalyse. Verfügbar unter: <https://www.thema-standortanalyse.de/standortanalyse-tool-contor-regio/>. Zuletzt geöffnet am 14.08.2019.

Corpus Sireo (Hrsg.), (2019): *Leerstand*. Verfügbar unter: <https://www.corpus-sireo.com/de-de/glossar/leerstand>. Zuletzt geprüft am 03.07.2019.

Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr, (o.J.): Bauaktenarchiv. Verfügbar unter: <https://www.bauumwelt.bremen.de/service/bauaktenarchiv-4642>. Zuletzt geöffnet am 19.07.2019.

Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) (Hrsg.). (o.J.): *Verbesserung von Umweltqualitäten durch Konversion militärischer Liegenschaften in Regionen und Kommunen der neuen Bundesländer - ausgesuchte Modellvorhaben im Land Brandenburg*. Verfügbar unter: https://www.dbu.de/projekt_00279/01_db_2409.html. Zuletzt geöffnet am 26.04.2019.

Google LLC (Hrsg.), (2019): *Google Maps*. Verfügbar unter: <https://www.google.de/maps/@53.6030516,10.0368829,87a,35y,39.54t/data=!3m1!1e3>. Zuletzt geöffnet am 25.07.2019.

Jung, N. (o.J.): Die Baulast – Das unbekanntes Wesen. Verfügbar unter: http://www.ra-jung.de/Beitrag_PE3-2012DieBaulast.pdf. Zuletzt geöffnet am 11.07.2019.

Keller, H. (o.J.): *Baulast*. In Gabler Wirtschaftslexikon (Hrsg.). Verfügbar unter: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/baulast-52839>. Zuletzt geöffnet am 11.07.2019.

König, P. in Umweltbundesamt (Hrsg.). (2017): *Flächenrecycling und Innenentwicklung*. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/flaechensparen-boeden-landschaften-erhalten/flaechenrecycling-innenentwicklung#textpart-1>. Zuletzt geöffnet am 26.04.2019.

Kreis Schleswig-Flensburg (Hrsg.). (2019): *Bauaktenverzeichnis*. Verfügbar unter: <https://www.schleswig-flensburg.de/B%C3%BCrgerservice/Was-erledige-ich-wo-/Bauaktenarchiv.php?object=tx,2120.4.1&ModID=10&FID=120.190.1&NavID=2120.36&La=1&ort=>. Zuletzt geöffnet am 19.07.2019.

Lakes, R./ Siepermann, M. (o.D.) in Gabler Wirtschaftslexikon: *Künstliche Intelligenz (KI)*. Verfügbar unter: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/kuenstliche-intelligenz-ki-40285>. Zuletzt geöffnet am 26.04.2019.

Landesarchiv Baden-Württemberg, (o.J.): Bauakten von privaten Gebäuden. Verfügbar unter: <https://www.landearchiv-bw.de/web/57740>. Zuletzt geöffnet am 19.07.2019.

Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung (Hrsg.). (o.J.): *Karte*. Verfügbar unter: https://metaver.de/kartendienste;jsessionid=E6F89496A33B128C201B12EA93C3F8F2?lang=de&topic=themen&bgLayer=webatlasde_light&layers_visibility=true,false,false,false,false,false,false,false,false,false,false,true,true,true,false,false,false,false,false,false,false,false,false,false,false&E=568657.61&N=5939657.04&zoom=14&layers_opacity=0,1&layers=24e560229eedd4c1319453e67ae3db1. Zuletzt geöffnet am 12.06.2019.

Landeshauptstadt Dresden, (o.J.): Themenstadtplan. Verfügbar unter: [http://stadtplan2.dresden.de/\(S\(qtzga4gfquc3pwod3wilyw2e\)\)/spdd.aspx?TH=VA_BODENRICHTWERTE_2019](http://stadtplan2.dresden.de/(S(qtzga4gfquc3pwod3wilyw2e))/spdd.aspx?TH=VA_BODENRICHTWERTE_2019). Zuletzt geöffnet am 15.05.2019.

Lehmkuhl, V. (2017): *Einen Bebauungsplan lesen*. Verfügbar unter: <https://www.baublog.de/neubau/standort/baugesetzgebung/77-bebauungsplan-lesen>. Zuletzt geöffnet am 07.06.2019.

Litzel, N. (2016): *Definition - Was ist Machine Learning?* Verfügbar unter: <https://www.bigdata-insider.de/was-ist-machine-learning-a-592092/>. Zuletzt geöffnet am 26.04.2019.

Lübbecke, M. (o.D.) in Gabler Wirtschaftslexikon: *Algorithmus*. Verfügbar unter: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/algorithmus-27106>. Zuletzt geöffnet am 26.04.2019.

Luber, S./ Litzel, N. (2017): *Definition – Was ist Deep Learning?* Verfügbar unter: <https://www.bigdata-insider.de/was-ist-deep-learning-a-603129/>. Zuletzt geöffnet am 27.04.2019.

Luber, S./ Litzel, N. (2018): *Definition – Was ist ein neuronales Netz?* Verfügbar unter: <https://www.bigdata-insider.de/was-ist-ein-neuronales-netz-a-686185/>. Zuletzt geöffnet am 27.04.2019.

Neumair, S. in Gabler Wirtschaftslexikon (Hrsg.). (2018): *Stadt*. Verfügbar unter: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/stadt-43260>. Zuletzt geprüft am 29.05.2019.

Pezzei, K. (2018): Studie: *Projektentwickler in der Trockenperiode*. Verfügbar unter: https://www.haufe.de/immobilien/entwicklung-vermarktung/marktanalysen/studie-projektentwickler-in-der-trockenperiode_84324_448102.html. Zuletzt geöffnet am 27.04.2019.

PFAFF-Areal-Entwicklungsgesellschaft mbH Kaiserslautern (PEG) (Hrsg.). (2019): *Ein Blick in die Geschichte des Pfaff-Fabrikgeländes*. Verfügbar unter: https://www.kaiserslautern.de/buerger_rathaus_politik/stadtprojekte_und_initiativen/pfaff/geschichte/index.html.de. Zuletzt geöffnet am 25.07.2019.

Rechtslexikon.net (Hrsg.). (2014): *Grunddienstbarkeit*. Verfügbar unter: <http://www.rechtslexikon.net/d/grunddienstbarkeit/grunddienstbarkeit.htm>. Zuletzt geöffnet am 11.07.2019.

S & P Consult GmbH (o.J.): *Wie setzen sich die Abwassergebühren zusammen?* Verfügbar unter: <http://stein.grundstuecks-entwaesserung.de/?q=node/8>. Zuletzt geöffnet am 06.06.2019.

Senatskanzlei der Stadt Berlin (Hrsg.). (o.J.): *Grundbuch – Dienstbarkeiten – Eintragung*. Verfügbar unter: <https://service.berlin.de/dienstleistung/327046/>. Zuletzt geöffnet am 12.07.2019.

Serviceportal Niedersachsen, (o.J.): *Bauaktenarchiv*. Verfügbar unter: <https://service.niedersachsen.de/detail?pstId=8668943>. Zuletzt geöffnet am 19.07.2019.

Stadtverwaltung der Landeshauptstadt Potsdam, (o.J.): *Akteinsicht in laufende und abgeschlossene bauaufsichtliche Verfahren*. Verfügbar unter: <https://vv.potsdam.de/vv/produkte/173010100000016543.php#tab-infos>. Zuletzt geöffnet am 19.07.2019.

Stengel, M. in IHK Nürnberg (Hrsg.). (2019): *Was ist ein städtebaulicher Vertrag?* Verfügbar unter: <https://www.ihk-nuernberg.de/de/IHK-Magazin-WiM/WiM-Archiv/WIM-Daten/2009-09/FAQ/Was-ist-ein-staedtebaulicher-Vertrag-.jsp>. Zuletzt geprüft am 02.08.2019.

Technische Universität München (TU München) Fakultät für Architektur (Hrsg.). (o.J.): *USP/ System Design*. Verfügbar unter: <http://wp.usp.ai.ar.tum.de/usp-system-design/>. Zuletzt geprüft am 14.08.2019.

Umweltbundesamt (Hrsg.). (2015): *Öffentliche Wasserversorgung*. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/wasser/wasserwirtschaft/oeffentliche-wasserversorgung#textpart-1>. Zuletzt geöffnet am 06.06.2019.

Umweltbundesamt (Hrsg.). (2017): *Nichtöffentliche Wasserversorgung*. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/wasser/wasserwirtschaft/nichtoeffentliche-wasserversorgung>. Zuletzt geöffnet am 06.06.2019.

Umweltbundesamt. (Hrsg.). (2018): *Wohnfläche*. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/wohnflaeche#textpart-1>. Zuletzt geöffnet am 18.07.2019.

Virtual City Systems (Hrsg.). (o.J.): *Was ist CityGML?* Verfügbar unter: <https://www.virtualcitysystems.de/was-ist-citygml>. Zuletzt geöffnet am 19.07.2019.

Wirtschaftslexikon24 (Hrsg.). (2017): *Fehler 1. Und 2. Art*. Verfügbar unter: <http://www.wirtschaftslexikon24.com/e/fehler-1-und-2-art/fehler-1-und-2-art.htm>. Zuletzt geöffnet am 31.07.2019.

Expertengespräche

Gespräch mit Herrn Hecht vom IÖR am 12.08.2019 und am 16.08.2019.

Anhang

Anhang 1: Experteninterview mit Herrn Hecht vom IÖR

- 1. Wie schätzen Sie die Bewertung des Flächenstatus (brachliegend oder genutzt) über die Inanspruchnahme von Ver- und Entsorgungsleistungen ein?**

„Ich denke, die Nutzung von Daten der Ver- und Entsorgungsunternehmen ist praktikabel solange man nur eine Stadt betrachtet, denn die Datenverfügbarkeit ist äußerst unterschiedlich. Auch sind diese Daten nur sehr mühsam zu akquirieren. Wenn Sie Zugänge haben, dann nutzen Sie diese. In unserer Studie (Fokus bundesweit) hatten wir nicht die Gelegenheit. Wenn Sie so kleinräumig unterwegs sind, könnten auch kleinräumige statistische Daten der Städte helfen (z.B. Daten der Zensuserhebung).“

- 2. Wie schätzen Sie die Bewertung von IEP über den Vergleich der Ist- mit der zulässigen Bebauung (z.B. durch B-Plan) im Vergleich zur Bewertung des Überbauungsgrades ein?**

„Wenn Ihnen diese Informationen vorliegen ist es sehr sinnvoll diesen Vergleich in das Modell zu implementieren. In diesem Zusammenhang möchte ich jedoch auf darauf hinweisen, dass die Datenbeschaffung auf Bundesebene hier sehr kleinteilig ausfallen kann.“

- 3. Denken Sie, dass Baugenehmigungen gut zur Bewertung der vorhandenen Bebauung eingesetzt werden können?**

„Auch den Einsatz von Baugenehmigungen als Datenquelle erachte ich als sinnvoll, wenn diese Unterlagen vollständig vorliegen. Wenn Zugriff zu diesen Unterlagen besteht, sollten sie auch genutzt werden.“

- 4. Warum wurden in der ursprünglichen Studie nur Baulücken und Nachverdichtungspotentiale betrachtet. Denken Sie, die Erweiterung um nicht beachtete Arten der Nachverdichtung ist sinnvoll?**

„Wir hatten damals Nachverdichtungsflächen (über die verschiedenen Arten der Nachverdichtung) nicht zum IEP dazugezählt. Das war eine reine Definitionssache. Im Allgemeinen denke ich jedoch, dass die zusätzliche Betrachtung der einzelnen Arten der Nachverdichtung durchaus Sinn macht. Auch die von Ihnen beschriebenen Ansätze zur Erkennung von Ersatzneubau- und Aufstockungspotentialen hören sich durchaus plausibel an.“

- 5. Worin sehen Sie Schwierigkeiten in der Abgrenzung des Innenbereichs, die den Anforderungen des §34 BauGB entspricht?**

„Die Anforderungen des §34 BauGB zusammen mit der dazugehörigen Rechtsprechung führt dazu, dass die Abgrenzung des Innenbereichs immer eine Einzelfallent-

scheidung bleibt. Auch sind keine Datenquellen bekannt, die zu einer genauen Abgrenzung herangezogen werden können. Dass führt soweit, dass unser Haus auch heute noch an Möglichkeiten zur rechtssicheren Unterscheidung von Innen- und Außenbereich nach §34 BauGB forscht.“

„Insgesamt finde ich Ihre Ansätze zur Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit sehr interessant. Im Zusammenhang mit dem von uns entwickelten System kann ich Ihnen sagen, dass es nie flächendeckend in Deutschland angewendet wurde. Das System wurde jedoch kleinteilig in einzelnen Städten angewendet.“

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beispiel für ein schlecht geschnittenes Grundstück. _____	7
Abbildung 2: Möglichkeiten der Nachverdichtung. _____	8
Abbildung 3: Beispiel Abbruch und Ersatzneubau. _____	11
Abbildung 4: Verschiedene LoD. _____	14
Abbildung 5: Datenquellen für die Abschätzung von IEP. _____	17
Abbildung 6: Baublöcke mit gleicher baulicher Dichte, aber unterschiedlichem IEP. _____	19
Abbildung 7: Verfahrensschritte der Identifikation von IEP am Beispiel einer Innenstadt in Sachsen-Anhalt. _____	21
Abbildung 8: Visualisierung der abgeleiteten Nachverdichtungspotentiale. _____	23
Abbildung 9: Fehleranteile des ATKIS-basierten Schätzverfahren nach Kategorie an einem Fallbeispiel. _____	29
Abbildung 10: Mögliche Festlegungen im Bebauungsplan. _____	35
Abbildung 11: Ausschnitt des Bebauungsplans mit der Nummer 90L der Landeshauptstadt Dresden. _____	37
Abbildung 12: Beispielgrundstück für den Vergleich der Ist-Bebauung mit der maximal zulässigen Bebauung. _____	40
Abbildung 13: Ausschnitt des Bebauungsplans mit der Nummer 90L der Landeshauptstadt Dresden. _____	41
Abbildung 14: Innenbereichssatzung Costedt. _____	43
Abbildung 15: Verwaltungsgebäude Pfaffwerk. _____	49
Abbildung 16: Überblick Pfaffgelände. _____	50
Abbildung 17: Freiflächen auf dem Pfaffgelände. _____	50
Abbildung 18: Anzahl Stockwerke in ALKIS anhand eines Gebäudes in Hamburg. _____	54
Abbildung 19: Beispielobjekte für die Bestimmung von Nachverdichtungspotentialen durch Aufstockung. _____	57
Abbildung 20: Ausschnitt aus dem Bebauungsplan Barmbek-Nord 33. _____	58
Abbildung 21: Baublöcke mit gleicher baulicher Dichte, aber unterschiedlichem IEP. _____	60
Abbildung 22: Beispiel für ein Grundstück mit Nachverdichtungspotential durch Ersatzneubau. _____	66
Abbildung 23: Ausschnitt des Bebauungsplans Nr. 90L. _____	66
Abbildung 24: Flächennutzungsplan für das ehemalige Pfaffgelände (Gelb Markiert). _____	70
Abbildung 25: Grundbuchauszug mit einer eingetragenen Dienstbarkeit. _____	74
Abbildung 26: Spezifikation der Dienstbarkeit aus dem Grundbuchauszug. _____	76
Abbildung 27: Anlage 5.1 zur Urkunde über die Dienstbarkeit aus dem Grundbuchausschnitt. _____	77

<i>Abbildung 28: Ausschnitt der Baubeschreibung zu einer Baugenehmigung.</i>	80
<i>Abbildung 29: Schrägluftbild des in Abschnitt 4.1 beschriebenen Grundstücks.</i>	84
<i>Abbildung 30: Schrägluftbild eines der Beispielgebäude aus Abschnitt 4.3.2.</i>	87
<i>Abbildung 31: Verschiedene Nachverdichtungsszenarien im Urban Strategy Playground.</i>	93

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Bisher unberücksichtigte IEP Restriktionen.</i>	27
<i>Tabelle 2: ALKIS Inhalte in den einzelnen Bundesländern Stand Mai 2015.</i>	53
<i>Tabelle 3: Verfügbarkeit der 3D-Gebäudemodelle im LoD2 in den einzelnen Bundesländern.</i>	54
<i>Tabelle 4: Abstandsflächen in den einzelnen Bundesländern.</i>	62
<i>Tabelle 5: Übersicht über Bundesländer, in denen Bauakten staatlich Archiviert werden.</i>	78

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne Verwendung anderer als der angegebenen Hilfsmittel verfasst habe. Ich habe sämtliche verwendeten Quellen erwähnt und gemäß gängigen wissenschaftlichen Regeln korrekt zitiert. Die Arbeit wurde bisher keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Ort, Datum

Unterschrift