DIPLOMARBEIT

Die digitale Jury - ein ML-basiertes Verfahren zur objektiven Bewertung städtebaulicher Entwürfe

von

Mareike Kluth

TU WIEN architektur + raumplanung

TU Bibliothek Your Knowledge Hub
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

architektur +
raumplanung

DIPLOMARBEIT

Diploma Thesis

Die digitale Jury - ein ML-basiertes Verfahren zur objektiven Bewertung städtebaulicher Entwürfe

The digital jury - An ML-based approach for objective assessment of urban designs

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades Diplom-Ingenieurin eingereicht an der Technischen Universität Wien, Fakultät für Architektur und Raumplanung

Submitted in satisfaction of the requirements for the degree of Diplom- Ingenieurin at the TU Wien, Faculty of Architecture and Planning

von

Mareike Kluth

12216268

Hauptbetreuung: Wurzer, Gabriel; Privatdoz. Dipl.-Ing. Dr.techn.

Mitbetreuung: Swoboda, Sigrun; Senior Lecturer Dipl.-Ing.in

Institut für Architekturwissenschaften

E259-01 Forschungsbereich Digitale Architektur und Raumplanung

Technische Universität Wien

Karlsplatz 13, 1040 Wien, Österreich

Wien, am 20. Oktober 2025

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

ZUSAMMENFASSUNG

Innovation und Vielfalt werden durch städtebauliche Wettbewerbe gefördert. Trotz festgelegter Kriterien ist der Bewertungsprozess von subjektiven Meinungen geprägt. Angesichts steigender Anforderungen an Transparenz und der Fortschritte im Bereich der künstlichen Intelligenz untersucht diese Arbeit, inwiefern algorithmische Verfahren zur Objektivierung von städtebaulichen Wettbewerbsverfahren beitragen können.

Zu diesem Zweck wurde ein Random-Forest-Modell trainiert, welches städtebauliche Entwürfe anhand von messbaren Kriterien automatisch bewerten kann. Grundlage hierfür waren 100 Wettbewerbsentwürfe mit 13 Kriterien, deren Daten für das Training und den Tests des Modells aufbereitet wurden. Die Programmierung des Modells erfolgte in Python und ist als „digitale Jury" über eine Streamlit-Oberfläche bereitgestellt.

Mit einer Genauigkeit von 76 % zeigt sich, dass eine algorithmisch gestützte objektive Bewertung städtebaulicher Entwürfe möglich ist. Nichtsdestotrotz ist die planerische und gestalterische Tiefe eingeschränkt. Die digitale Jury ersetzt keine menschliche Fachjury, sondern dient vielmehr als unterstützendes Instrument. Es kann als ergänzendes Werkzeug zur datenbasierten Vorprüfung und zur Förderung von Transparenz und Vergleichbarkeit im Wettbewerbswesen dienen.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

ABSTRACT

Innovation and diversity are promoted through urban planning competitions. Despite defined criteria, the evaluation process is influenced by subjective opinions. In view of increasing demands for transparency and advances in the field of artificial intelligence, this thesis examines the extent to which algorithmic methods can contribute to the objectivity of urban planning competition procedures.

To this end, a random forest model was trained to automatically evaluate urban design proposals based on measurable criteria. The model was based on 100 competition designs with 13 criteria, whose data was prepared for training and testing the model. The model was programmed in Python and is provided as a "digital jury" via a Streamlit interface.

With an accuracy of 76 %, it has been shown that algorithm-based pre-evaluation of urban design proposals is possible. Nevertheless, the depth of planning and design is limited. The digital jury does not replace a human expert jury, but rather serves as a supporting tool that can be used for data-based preliminary reviews and to promote transparency and comparability in competitions.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass die vorliegende Arbeit nach den anerkannten Grundsätzen für wissenschaftliche Abhandlungen von mir selbstständig erstellt wurde. Alle verwendeten Hilfsmittel, insbesondere die zugrunde gelegte Literatur, sind in dieser Arbeit genannt und aufgelistet. Die aus den Quellen wörtlich entnommenen Stellen sind als solche kenntlich gemacht. Das Thema dieser Arbeit wurde von mir bisher weder im In- noch Ausland zur Begutachtung in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt. Diese Arbeit stimmt mit der von den Begutachter_innen beurteilten Arbeit überein.

Wien, am 20. Oktober 2025

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

DANKE

... an alle, die mich während meiner Diplomarbeit unterstützt und begleitet haben. Besonders danke ich meinem Betreuer Gabriel Wurzer für seine wertvolle fachliche Begleitung und konstruktiven Anregungen, meinen Korreturlesenden für ihre Zeit und ihr aufmerksames Feedback sowie dem Team von BPW Stadtplanung für die Flexibilität und den fachlichen Austausch.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

INHALT

01

1. **Einleitung 14**
1.1 Anlass und Zielsetzung 14
1.2 Aufbau der Arbeit 15

02

2. **Theoretische Grundlagen 16**
2.1 Städtebauliche Wettbewerbe 16
2.1.1 Arten der Wettbewerbsverfahren 17
2.1.2 Ablauf eines Wettbewerbs 18
2.1.3 Bewertungsprozess in der Preisgerichtssitzung 19
2.2 Künstliche Intelligenz 20
2.2.1 Machine Learning 21
2.2.2 Random Forest 23
2.3 KI in der Stadtplanung 29
2.3.1 Anwendungsbereiche und Beispiele 31
2.3.2 Rechtliche Rahmenbedingungen 33

03

3. **Entwicklung & Anwenung der digitalen Jury 36**

3.1 Datengrundlage und -erhebung 37
3.2 Herleitung der Bewertungskriterien 38
3.3 Erstellung der Bewertungsmatrix 39
3.3.1 Digitalisierung eines Beispielentwurfes 39
3.3.2 Finale Kriterien und deren Bemessung 42
3.3.3 Füllen und Labeln der Bewertungsmatrix 49
3.4 Implementierung & technische Umsetzung 50
3.4.1 Technische Umgebung 52
3.4.2 Programmlogik – Inhalt & Struktur 54
3.4.3 Modellgenauigkeit & Optimierung 55
3.4.3.1 Trainings- und Testdatensatz 55
3.4.3.2 Anpassung der Bewertungsmatrix 56
3.4.3.3 Umgang mit NAN-Werten 57
3.4.3.4 Feature-Selection 58
3.4.3.5 Hyperparameter Tuning 59
3.4.3.6 Reduzierung der Sterne 60
3.4.4 Finale Parametrierung des Modells 60
3.4.5 Benutzeroberfläche 62
3.5 Anwendungsbeispiel der digitalen Jury - Hamburg Holstenareal 66
3.5.1 Datenaufbereitung 66
3.5.2 Durchführung & Ergebnisse 68
3.5.3 Reflexion der Anwendung 69

04

4. **Evaluierung & Diskussion 72**

4.1 Technische Erkenntnisse 72
4.2 Praktische Erkentnisse 74
4.3 Praxisrelvanz & Einordnung in die Raumplanung 75

05

5. **Ausblick 78**

06

6. **Fazit 80**

Litertaurverzeichnis 82
Tabellenverzeichnis 86
Abbildungsverzeichnis 87
Anhang A: Exceltabellen 89
Anhang B: Pythonskripte & Ergebnisse 115

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abb.	Abbildung
AI-Act	Verordnung zur Regelung von KI
ARL	Akademie für Raumentwicklung in der Leibniz-Gemeinschaft
Bsp.	Beispiel
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
dt.	deutsch
ebd.	ebenda
engl.	englisch
et al.	und andere
etc.	et cetera
ggf.	gegebenenfalls
Kap.	Kapitel
KI	Künstliche Intelligenz
Kfz	Kraftfahrzeug
m	Meter
mind.	mindestens
ML	Machine Learning
NA	Not Available
NaN	Not a Number
o. Ä.	oder Ähnliche(s)
PV	Photovoltaik
RF	Random Forest
RPW	Richtlinien für Planungswettbewerbe
Tab.	Tabelle
u. a.	unter anderem
v. a.	vor allem
vgl.	vergleiche
vs	versus
z.B.	zum Beispiel
3D	dreidimensional
%	Prozent

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

01 EINLEITUNG

1.1 Anlass und Zielsetzung

Städtebauliche Wettbewerbe fungieren als zentrales Instrument in der Stadtplanung, welches innovative Entwürfe und kreative Lösungsansätze für komplexe urbane Fragestellungen fördert. Sie besitzen eine hohe gestalterische, soziale und politische Relevanz, da sie Wettbewerb und Vielfalt in der Planung anregen. Solche Wettbewerbe haben langfristige Auswirkungen auf das Stadtbild und die Lebensqualität der Bewohnenden. (vgl. Bundestransferstelle Stadtumbau, 2020)

Zurzeit erfolgt die Bewertung der eingereichten Entwürfe vor allem durch eine Fachjury, die aus Expert_innen der Architektur, Stadtplanung, Politik und weiteren relevanten Bereichen besteht (vgl. Richtlinie für Planungswettbewerbe [RPW], 2013, § 6). Zwar werden im Rahmen der Preisgerichtssitzung die vorab definierten Kriterien herangezogen, der Entscheidungsprozess ist jedoch auch von einem Austausch unterschiedlicher persönlicher Meinungen geprägt (vgl. Bundeskammer der Ziviltechniker_innen, 2022, S. 4). Diskussionen im Rahmen des Preisgerichts stellen zwar einen wesentlichen Bestandteil der Entscheidungsfindung dar, führen jedoch dazu, dass subjektive Meinungen oder aktuelle Debatten in das Ergebnis einfließen können (vgl. ebd.). Die Subjektivität des Preisgerichtes stellt einen zentralen Aspekt des Diskussionsprozesses dar, was dazu führen kann, dass persönliche Präferenzen oder uneinheitliche Bewertungsmaßstäbe das Ergebnis beeinflussen und die Nachvollziehbarkeit der Entscheidungen erschweren können. Vor dem Hintergrund aktueller Entwicklungen gewinnt diese Problematik an Bedeutung: Transparenz wird verstärkt gefordert (vgl. Bundeskammer der Ziviltechniker_innen, 2022, S. 3). Auch neue Verordnungen wie der europäische AI Act (2024) verdeutlichen die Relevanz algorithmischer Verfahren und zeigen deren Potenzial auf. In der Praxis fehlen bisher geeignete Instrumente, um Bewertungsprozesse systematisch zu objektivieren.

Genau an diese Lücke knüpft diese Arbeit mit dem Ziel an, ein Verfahren auf Basis von Machine Learning zu entwickeln, das städtebauliche Entwürfe anhand messbarer Kriterien bewerten kann. Es wird untersucht, ob und in welcher Form eine datenbasierte algorithmisch gestützte Bewertung städtebaulicher Entwürfe möglich ist, welche Chancen und Risiken damit verbunden sind und inwieweit sich damit Ansätze für eine objektive Bewertung gewinnen lassen. Die digitale Jury hat nicht den Anspruch, eine Ersatzlösung für menschliche Expertise zu sein, sondern untersucht ihr Potential, die Transparenz, Vergleichbarkeit und Objektivität im Wettbewerbssystem zu fördern.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

1.2 Aufbau der Arbeit

Die Arbeit gliedert sich in einen theoretischen Teil, die methodische Entwicklung der digitalen Jury, ein Anwendungsbeispiel sowie eine Diskussion und ein Fazit. Es beginnt mit den theoretischen Grundlagen, wo zuallererst die städtebaulichen Wettbewerbe definiert sowie deren Bedeutung, Ablauf und Bewertungspraxis erläutert werden. Im Anschluss daran werden die Grundlagen der Künstlichen Intelligenz und des Machine Learnings mit dem Schwerpunkt auf Random Forest Modelle beleuchtet und erklärt. Darauf aufbauend wird ein Überblick über bisherige Anwendungsbeispiele algorithmischer Verfahren in der Stadtplanung dargestellt und anschließend die rechtlichen Rahmenbedingungen vom Einsatz von KI beleuchtet.

Im Hauptteil dieser Arbeit wird die digitale Jury entwickelt. Zu diesem Zweck werden zunächst geeignete Datensätze als Basis für die digitale Jury erhoben, wozu städtebauliche Wettbewerbe und deren Entwürfe zählen, von denen relevante Bewertungskriterien identifiziert werden. Die finalen Kriterien werden anschließend in eine Bewertungsmatrix überführt. Darauf aufbauend kann das Random Forest Modell „digitale Jury" entwickelt und trainiert werden, welches im Anschluss an einem realen Fallbeispiel getestet und verglichen sowie abschließend evaluiert und diskutiert wird.

Letztlich werden die technischen und praktischen Erkenntnisse sowie die Planungspraxis evaluiert und diskutiert, gefolgt von einem Ausblick mit möglichen Anknüpfmöglichkeiten der digitalen Jury und einem abschließenden Fazit.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

02 THEORETISCHE GRUNDLAGEN

2.1 Städtebauliche Wettbewerbe

Wettbewerbe können in unterschiedlichen Fachrichtungen oder interdisziplinär durchgeführt werden, wobei es sich bei einem dieser Fachgebiete um den Städtebau handelt (vgl. RPW, 2013, § 1 Abs. 1). Städtebauliche Wettbewerbe gelten als Form der Planungswettbewerbe, bei denen das Ziel besteht, unterschiedliche Lösungen in Bezug auf die Gestaltung, Konzeption, Ökologie, Ökonomie und Technik zu ermitteln und stärken somit das nachhaltige Konstruieren und Entwerfen der gebauten Umwelt (vgl. Vergabeverordnung [VgV], 2016, § 78; RPW, 2013, § 1 Abs. 2).

In Deutschland ist die RPW (Richtlinie für Planungswettbewerbe) aus dem Jahr 2013 das zentrale Regelwerk für Planungswettbewerbe. Hier werden Grundsätze wie Anonymität[1] und Gleichbehandlung verfolgt. Auf der österreichischen Bundesebene gilt das Bundesvergabegesetz 2018, welches Auftragsvergaben reguliert.

> *„Städtebau, Stadtplanung und Stadtentwicklung sind komplexe Prozesse, an denen nicht nur Architekten, Stadtplaner und Ingenieure beteiligt sind, sondern Politiker, institutionelle und private Investoren, Kreative, Soziologen, Klimaforscher, Lichtdesigner, Eventmanager und mehr denn je die Stadtgesellschaft selbst. Städtebauliches Entwerfen erfordert eine Auseinandersetzung mit der ganzen, komplexen Stadt und muss sowohl an ihren Rändern als auch in ihrer Mitte Qualitäten definieren.“ (Reicher, 2017, S. V)*

Wie dieses Zitat von Reicher (2017) schon sagt, gibt es eine Vielzahl an beteiligten Personen und jede davon hat ihre eigenen Aufgaben während des Prozesses des Wettbewerbes, um bestmögliche Lösungen dieser Zusammenarbeit zu gewährleisten. Laut dem RPW, 2013, § 2 sind folgende Akteure bei dem gesamten Verfahren beteiligt: **Auslober_in, Teilnehmende, Preisgericht (Jury), Architekten- und Ingenieurkammern sowie weitere Beteiligte**. Die genauere Beschreibung und die jeweiligen Rollen der Akteure im Wettbewerbsverfahren sind der Tab. 1 zu entnehmen.

1 Während des gesamten Wettbewerbsverfahren (bis zur Entscheidung des Preisgerichtes) sind die Beiträge anonym zu halten (vgl. RPW, 2013, § 1 Abs. 4).

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Auslober:in	Preisgericht	weitere Beteiligte
öffentliche/private Auftraggeber:in definiert Aufgaben lobt Wettbewerb aus bestimmt Verfahrensart beruft Preisgericht	unabhängige Berater_innen der Auslober_in bereitet Auslobung & Wettbewerb vor Entscheidet über Wettbewerbsarbeiten an Vermittlung der Ergebnisse beteiligt	Wettbewerbsbetreuung: • handeln im Interesse der Auslober_in • wirken bei Erstellung der Auslobung, Durchführung & Organisation mit • machen Vorprüfung Sachbetreuer_innen: • anerkannte Fachleute • können bei Vorbereitung, Vorprüfung und im Preisgericht hinzugezogen werden
Architekten- & Ingenieurkammern	**Teilnehmer:innen**	
wirken an Beratungen mit registrieren Wettbewerb und beteiligen sich	natürliche/juristische Personen genügen den Anforderungen für Teilnahme	

Tab. 1: Wettbewerbsbeteiligte und deren Rollen im Wettbewerbsprozess, eigene Darstellung basierend auf RPW, 2013, § 2

2.1.1 Arten der Wettbewerbsverfahren

In der RPW (2013, § 3) werden die Wettbewerbsverfahren unter den folgenden Verfahrensarten unterschieden: Realisierungswettbewerb, Ideenwettbewerb, Offener Wettbewerb, Nichtoffener Wettbewerb, Zweiphasiges Verfahren und Kooperatives Verfahren. Ein **Realisierungswettbewerb** zielt darauf ab, dass die Wettbewerbsaufgaben umgesetzt (realisiert) werden. Ideenwettbewerbe verfolgen das Ziel, ideenreiche Antworten vorgestellt zu bekommen. Dabei muss keine Absicht der Realisierung bestehen. **Offene Wettbewerbe** sind öffentlich ausgeschriebene Wettbewerbe für Fachleute, die die Teilnahmebedingungen erfüllen. Bei **nichtoffenen Wettbewerben** wird öffentlich ausgelobt, allerdings mit einer limitierten Teilnehmendenzahl. Die Bewerber_innen müssen vorgegebene Kompetenzen nachweisen und im Anschluss wird ausgewählt, wer teilnehmen darf. Ein **zweiphasiger Wettbewerb** kann sowohl offen als auch nicht offen sein, wobei die erste Phase für Fachleute zur offenen Teilnahme verfügbar sein muss. In diese Phase werden nur grundlegende Lösungsansätze erarbeitet. Das **kooperative Verfahren** wird im Falle einer nicht klar definierten Aufgabenstellung seitens der Auslobenden gewählt, wobei die Lösung schrittweise und mit Ideenaustausch erarbeitet wird. Dabei ist sicherzustellen, dass alle Teilnehmenden über denselben Kenntnisstand verfügen. Die Anonymität kann in Ausnahmen aufgehoben

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

werden. Das kooperative Verfahren ist bei Wettbewerben mit öffentlichen Auslobenden im Anwendungsbereich, die der VgV (ehemals Vergabeordnung für freiberufliche Leistungen [VOF]) unterliegen, nicht einzusetzen. (vgl. RPW, 2013, § 3)

Öffentliche Vergaben müssen zusätzlich die vergaberechtlichen Vorgaben der VgV beachten, wenn deren Wettbewerbe oberhalb der EU-Schwellenwerte[2] liegen. Die auslobende Person wählt in diesem Fall zuerst die Verfahrensart nach VgV und kann dann den Planungswettbewerb nach RPW in diesem Rahmen durchführen. Die VgV unterscheidet zwischen den folgenden Verfahrensarten: das offene Verfahren, das nicht offene Verfahren, das Verhandlungsverfahren, der wettbewerbliche Dialog und die Innovationspartnerschaft. (vgl. VgV, 2016, § 14)

2.1.2 Ablauf eines Wettbewerbs

Städtebauliche Wettbewerbe werden in verschiedene Phasen unterteilt, die in einem geregelten Ablauf erfolgen. In der RPW in der Fassung vom 01.2013 wird der Ablauf wie folgt geregelt (sofern es keinem VgV-Verfahren unterliegt):

1. Auslobung & Bekanntmachung: Nachdem der_die Auslober_in das Wettbewerbsverfahren festgelegt hat (vgl. RPW, 2013, § 1), wird der Wettbewerb ausgelobt und die genauen Bedingungen, Aufgaben und Ziele definiert (vgl. ebd., § 5 Abs. 1). In der Auslobung werden die Aufgaben, Anforderungen und Bewertungskriterien erläutert (vgl. ebd.) und anschließend bekanntgegeben. Im Falle eines VgV-Verfahrens werden an dieser Stelle die Eignungskriterien angegeben (vgl. VgV, 2016, §§ 78-80).
2. ggf. Auswahl der Teilnehmenden: Bei nicht offenen Wettbewerbsverfahren werden die Teilnehmenden ausgewählt, indem deren Bewerbungen geprüft werden (vgl. RPW, 2013, § 3 Abs. 3). Auch kleine Büros sollen die Chance bekommen, teilzunehmen (vgl. ebd., § 1 Abs. 5).
3. Rückfragenkolloquium: Ein Kolloquium bietet den Teilnehmenden die Möglichkeit, Rückfragen bezüglich der Aufgabenstellungen und Anforderungen zu stellen (vgl. RPW, 2013, § 5 Abs. 1, Anlage iV). Das Protokoll dieses Kolloquiums wird anschließend ein fester Bestandteil der Auslobung (vgl. ebd., § 5 Abs. 1).
4. Einreichung der Wettbewerbsbeiträge: Die Teilnehmenden erarbeiten den Entwurf mit den dazugehörigen Anforderungen und reichen die Unterlagen anonym ein (vgl. RPW, 2013, § 1 Abs. 4). Dabei müssen die Teilnehmenden

2 Die Schwellenwerte im Vergaberecht legen die Grenze fest, ab der man die Bestimmungen des europäischen Vergaberechts und damit der VgV zwingend anwenden muss. Für die Feststellung des Erreichens des Schwellenwertes ist seitens der öffentlichen Auftraggebenden eine Schätzung des Auftragwertes erforderlich. Die genauen Schwellenwerte sind im Teil 4 des Gesetzes gegen Wettbewerbsbeschränkungen festgehalten. (vgl. VgV, 2016, § 1)

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

ihre Beiträge mit Kennzahlen kenntlich machen, um die Anonymität zu gewährleisten (vgl. RPW, 2013, Anlage V).

5. Vorprüfung der Beiträge: Die Vorprüfung der Beiträge wird von einer unabhängigen Wettbewerbsbetreuung gemacht. Dabei werden die Beiträge auf Vollständigkeit, Einhaltung formaler Kriterien und bindenden Vorgaben geprüft und die Entwürfe für das Preisgericht anonymisiert. Dabei wird die Einhaltung nach Art und Umfang quantifizierbarer Beurteilungskriterien geprüft. Die Ergebnisse der Vorprüfung müssen niedergeschrieben werden und dem Preisgericht zur Verfügung gestellt werden. (vgl. RPW, 2013, § 2 Abs. 5, § 6 Abs. 2)
6. Preisgerichtssitzung: Dem Preisgericht werden die anonymen Beiträge und die Vorprüfung vorgelegt und durch die Wettbewerbsbetreuung vorgestellt. Darauf folgt eine Besichtigung und Beratung der Entwürfe mit einer darauf folgenden Beurteilung der Wettbewerbsarbeiten anhand der bereits festgelegten Beurteilungskriterien aus der Auslobung. Über eine Rangfolge der Preise und Anerkennungen wird abschließend entscheiden. Die gesamte Sitzung muss protokolliert werden, indem die Begründungen der Entscheidungsfindungen festgehalten werden. (vgl. RPW, 2013, § 6, Anlage VII)
7. Optionale Überarbeitungsphase: Eine Überarbeitung kann aus Sicht der Auslobenden und des Preisgerichtes notwendig sein, wenn sie keine der Arbeiten empfehlen können und somit eine Überarbeitung notwendig ist. Dies wird den zur engeren Auswahl kommenden Beiträgen aufgetragen. (vgl. RPW, 2013, § 6 Abs. 3)
8. Bekanntmachung der Ergebnisse & Ausstellung: Nachdem die Platzierungen entschieden wurden, werden die Teilnehmenden sofort informiert und erhalten das Protokoll der Preisgerichtssitzung. Alle Wettbewerbsunterlagen sollen im Anschluss öffentlich ausgestellt werden. (vgl. RPW, 2013, § 7 Abs. 2)
9. Auftragsvergabe: Der_die Preisträger_in wird in der Regel für weitere Planungsaufgaben beauftragt, sofern eine Realisierung angedacht ist (vgl. RPW, 2013, § 8; § 4 Abs. 2).

2.1.3 Bewertungsprozess in der Preisgerichtssitzung

Die Bewertung erfolgt durch das Preisgericht, welches sich aus unabhängigen Fach- und Sachpreisrichter_innen zusammensetzt (Stadtentwicklung Wien, Magistratsabteilung 18 [MA 18], 2008, S. 70). Als Grundlage für die Bewertung der Entwürfe dienen die Beurteilungskriterien, die vorher vom Preisgericht in der Auslobung festgelegt wurden (vgl. ebd.). Bei der Beurteilung kann zwischen „harte“ und „weiche“ Kriterien unterschieden werden (vgl. ebd.). Bei den harten Kriterien handelt es sich um objektiv messbare Kriterien, wie „Funktionalität“ und „Wirtschaftlichkeit“, wohingegen sich die weichen Kriterien auf subjektive bewertbare Kriterien beruhen, wie „Städtebau“ und „baukünstlerische Gestaltung“ (vgl. ebd.). Die harten Kriterien werden vorab im Rahmen der Vorprüfung überprüft

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

und für das Preisgericht aufbereitet (vgl. ebd.). Die Bewertung läuft durch ein mehrstufiges, systematisches Verfahren, welches durch subjektive Einschätzungen von allen Beteiligten des Preisgerichtes geprägt wird (vgl. ebd., S. 67). Durch die subjektiven Eindrücke und den harten Kriterien der Vorprüfung wird vom Preisgericht abgeschätzt, welcher Entwurf die beste Antwort auf die ausgelobte städtebauliche Fragestellung gibt (vgl. ebd.). Dabei werden immer wieder Rundgänge durchlaufen, bei denen die Entwürfe nacheinander ausscheiden (vgl. RPW, 2013, Anlage VII Abs. 4). Die Begründungen über die Entscheidungen und Wertungen muss schriftlich dokumentiert werden und abschließend eine Rangfolge der Entwürfe und deren Preishöhe festgelegt werden (vgl. ebd.).

2.2 Künstliche Intelligenz

Der Begriff **Künstliche Intelligenz [KI]** (engl. Artificial Intelligence [AI]) lässt einen großen Interpretationsspielraum und ist auch in der Literatur nicht eindeutig definiert (vgl. Ertel, 2013, S. 1). Die KI durchlebte einige Meilensteine im Laufe der Geschichte: Angefangen im Jahr 1950, in dem Alan Turing das „Imitation Game" vorstellte, welches menschliche Gespräche realitätsnah imitieren konnte (vgl. Cnyrim & Kemper, 2024, S. 17). Im Jahr 1956, welches als Geburtsjahr der KI gilt, fand die Dartmouth-Konferenz statt, auf der John McCarthy, einer der Pioniere der KI, KI wie folgt definierte:

> *„[…] every aspect of learning or any other feature of intelligence can inprinciple be so precisely described that a machine can be made to simulate it."*
> (McCarthy et al., 1955, S. 2)

In den 1960er und 1970er-Jahren konnten die ersten Modelle wie ELIZA und SHRDLU die Sprache verarbeiten und ab den 1980er-Jahren verzeichnete die KI ein starkes Wachstum durch die Programme, die analytische Kompetenzen und Fachwissen nachbilden konnten. 1997 schlug der Schachcomputer Deep Blue den damaligen Weltmeister und Machine Learning Algorithmen wurden weiterentwickelt. In den 2000ern sorgte „Big Data" dafür, große Informationsdatenmengen in der KI verarbeiten zu können. 2011 besiegte eine KI einen Menschen bei einer Quizshow. 2012 wuchs das Interesse an Deep Learning[3] in Bezug auf Grafikkartenentwicklungen, da das Deep Learning Modell AlexNet den ImageNet-Bilderwettbewerb gewann. Im Jahr 2016 wurde der Weltmeister im Brettspiel Go, was als deutlich komplexer als Schach gilt, von Google DeepMinds AlphaGo besiegt. Schließlich wurden in den 2020er-Jahren Sprachmodelle wie CPT-3 entwickelt, welche Texte erzeugen können, die wie von einem Menschen geschrieben sein könnten. (vgl. Cnyrim & Kemper, 2024, S. 17-18)
Heutzutage sind die Definitionen fortwährend breit gefasst. Das Europäische Parlament definiert KI wie folgt:

3 Deep Learning (dt. Tiefes Lernen) wird im Kapitel 2.2.1 genauer erklärt.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

„Künstliche Intelligenz ist die Fähigkeit einer Maschine, menschliche Fähigkeiten wie logisches Denken, Lernen, Planen und Kreativität zu imitieren."
(Europäisches Parlament, 2020/2023)

In der Literatur wird zwischen einer **starken und schwachen KI** unterschieden. Eine schwache KI umfasst praxisorientierte Technologien, die zur Lösung von klaren Problemen angewendet werden. Wohingegen eine starke KI keine spezifischen Probleme zu lösen versucht, sondern beabsichtigt, den menschlichen Kompetenzen überlegen zu sein oder mindestens nachzuahmen. (vgl. Memmel und Dengel, 2021, S. 7)

2.2.1 Machine Learning

Während KI ein weit gefasster Begriff ist, fokussiert sich diese Arbeit auf einen Teilbereich der KI: **Machine Learning [ML]** (dt. maschinelles Lernen), welches nach Mitchell (1997) wie folgt definiert wurde:

„A computer program is said to learn from experience E with respect to some class of tasks T and performance measure P, if its performance at tasks in T, as measured by P, improves with experience E." (Mitchell, 1997, S. 2)

Beim ML werden durch Algorithmen[4] Erkenntnisse aus Erfahrungen gewonnen (vgl. König, 2021, S. 40). Die Programme versuchen demnach automatisch Zusammenhänge zu finden, um somit richtige Vorhersagen treffen zu können, welche sich das Programm mithilfe von Trainingsdaten aneignet (vgl. Karatas, 2024, S. 18). Zur Leistungsüberprüfung des Modells werden die Datensätze in der Regel in zwei Datensätze aufgeteilt: Trainings- und Testdaten (vgl. Ertel, 2013, S. 181). Die Trainingsdaten dienen zur Aneignung von Zusammenhängen und Mustern, während an den unbekannten Daten (Testdaten) diese getestet werden (vgl. ebd.). Somit wird überprüft, ob das trainierte Modell in der Lage ist, die gelernten Muster auf die neuen Daten zu generalisieren (vgl. ebd.). Beispiele für ML-Programme sind Bild- und Spracherkennung, E-Mail-Spam-Filterung sowie Krankheitserkennung (vgl. ebd.).

Machine Learning

Lernparadigma	**supervised learning**	**unsupervised learning**	**reinforcement learning**	**semi-supervised learning**
Verfahren	Klassifizierung	Clustering		
	Regression	Dimensionality Reduction		

Tab. 2: ML und ihre Lernparadigmen, eigene Darstellung basierend auf König, 2021, S. 40

4 Algorithmus: „*Ein Algorithmus bezeichnet eine eindeutige Anleitung zur Lösung bestimmter Probleme und besteht aus einer festen Anzahl gut überlegter Einzelschritte*" (Cnyrim & Kemper, 2024, S. 10)

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Beim **supervised learning** (dt. überwachtes Lernen) benötigt das Programm Trainingsdaten, die zuvor gelabelt wurden (vgl. Karatas, 2024, S. 18). Genauer gesagt, werden die Trainingsdaten den entsprechenden Klassen zugeordnet, um das Modell trainieren zu können, das richtige Ergebnis zu finden (vgl. ebd.). Das Modell erkennt diese Strukturen und kann daraus Lösungen ableiten (vgl. ebd.). Bei diesem Verfahren wird zwischen zwei Vorgehensweisen unterschieden: **Klassifizierung und Regression**, wobei ersteres die Daten kategorisiert sowie qualitative Ergebnisse vorhersagt und letzteres numerische Daten und quantitative Ergebnisse vorhersagt (vgl. Karatas, 2024, S. 43-44; Hastie et al., 2008, S. 10). Zu den typischen supervised learning Verfahren zählen beispielsweise Entscheidungsbäume, Random Forest, Support Vector Machines, K Nearest Neigbhour, Probabilistic Learning, Support Vector Machine, Naive Bayes, Gradient Boosting Machine (vgl. Borrmann, 2021, S. 64; Jo, 2021, S. Viii; Hastie et al., 2008, S. 352). Manche Verfahren können sowohl der Klassifizierung als auch der Regression angehören, je nach Absicht der Anwendung und Art des Outputs (vgl. Hastie et al., 2008, S. 10). Klassifizierungsmodelle werden bspw. als Spamfilter für E-Mails und um Krebsdiagnosen aus Bildern tätigen zu können und Regressionsmodelle für Wetterprognosen und Verkehrsflussvorhersagen genutzt (vgl. König, 2021, S. 40). Auch **Deep Learning** (dt. tiefes Lernen) ist eine Unterdisziplin des supervised learnings und definiert eine spezielle Kategorie von Verfahren zur Optimierung künstlicher neuronaler Netze (vgl. Memmel und Dengel, 2021, S. 9). Der Grundgedanke dahinter ist, die Funktionsweise des menschlichen Gehirns zu reproduzieren (vgl. Borrmann, 2021, S. 64). Die „Tiefe" hinter diesem Verfahren liegt in den verborgenen Schichten („Hidden Layers") der künstlichen neuronalen Netze, die sich zwischen der Ein- und Ausgabewerte befinden (vgl. ebd.). Deep Learning benötigt für das Training einen sehr umfangreichen Datensatz (vgl. Memmel und Dengel, 2021, S. 9).

Im Gegensatz zum supervised learning werden die Trainingsdaten beim **unsupervised learning** (dt. unüberwachtes Lernen) nicht gelabelt, da das Modell selbstständig Zusammenhänge ableiten kann und anhand dieser die Ergebnisse vorhersagt. Dieses Vorgehen eignet sich vor allem bei großen Datensätzen (vgl. Karatas, 2024, S. 18; König, 2021, S. 40). Bei diesem Lernparadigma wird geclustert (vgl. Jo, 2021, S. 13). K-Means, Hierarchisches Clustern und Principal Component Analysis (PCA) sind Beispielverfahren für das unsupervised learning (vgl. Jo, 2021). Dieses Lernparadigma wird beispielhaft bei Kundensegmentierungen im Marketing und Datenvisualisierungen eingesetzt (vgl. König, 2021, S. 40).

Beim **reinforcement learning** (dt. verstärkendes Lernen) werden keine Trainingsdaten verwendet, wodurch das Modell keine Handlungsanweisung vorgeschrieben bekommt. Es lernt auf Basis von Belohnungen und Bestrafungen, um eine Strategie zu bestimmen, welche Aktion in bestimmten Szenarien ausgeführt werden soll. Von Zeit zu Zeit werden die Handlungen besser eingeschätzt, da es aus Erfahrungen lernt. Dies ähnelt am meisten dem menschlichen Handeln. Ein etabliertes Anwendungsbeispiel ist die Robotik. Die Aufgaben sind teilweise so

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

anspruchsvoll, dass der Roboter selbstständig aus seinen Fehlern und Erfolgen lernen muss. (vgl. Ertel, 2013, S. 287)

Das **semi-supervised-learning** (dt. halb überwachtes Lernen) ist eine Kombination aus supervised- und unsupervised-learning. Bei diesem Lernparadigma werden sowohl gelabelte Daten als auch ungelabelte Daten verwendet, wobei wenig gelabelte Datensätze vorhanden sind und eine große Menge an ungelabelten Datensätzen besteht. Die ungelabelten Daten werden „nachträglich" durch Algorithmen gelabelt und die daraus generierten Daten zusammen mit den ursprünglichen Daten zur Generierung neuer Daten genutzt. Dieses Lernparadigma wird bspw. bei Textklassifikationen angewendet. (vgl. Jo, 2021, S. 14-15, 221-222, 241)

2.2.2 Random Forest

Random Forest [RF] ist, wie bereits beschrieben, eine Methode des supervised learning, bei dem mittels gelabelter Trainingsdaten die Ergebnisse vorausgesagt werden können. Es kann sowohl bei Klassifizierungs- als auch bei Regressionsaufgaben angewendet werden (vgl. Breiman, 2001, S. 5). Diese Arbeit fokussiert sich auf **Klassifizierungsaufgaben**.

Aufbau eines Entscheidungsbaumes:
Beim RF handelt es sich um ein Ensemble Verfahren, welches mehrere schwache Algorithmen des ML zu einem starken Algorithmus kombiniert (vgl. Jo, 2021, S. 285; Hastie et al., 2008, S. 7). RF ist die Erweiterung der Decision Trees (dt. Entscheidungsbäume) und setzt sich aus mehreren Bäumen zusammen (vgl. Jo, 2021, S. 160). **Ein Entscheidungsbaum bildet demnach die Grundlage für RF**.

Entscheidungsbäume sind eine der populärsten Verfahren des ML, auch wenn die Leistungen vergleichsweise zu anderen ML-Algorithmen schwacher sind, was durch seinem symbolischen Charakter bedingt ist (vgl. Jo, 2021, S. Viii). Ein Entscheidungsbaum ist wie ein herkömmlicher Baum aufgebaut und besteht aus Wurzelknoten (engl. Root Nodes), Ästen (engl. Branches), innere Knoten (engl. Interior Nodes) und Blattknoten (engl. Terminal/Leaf Nodes) (vgl. ebd., S. 141, 154), wie in Abb. 1 veranschaulicht:

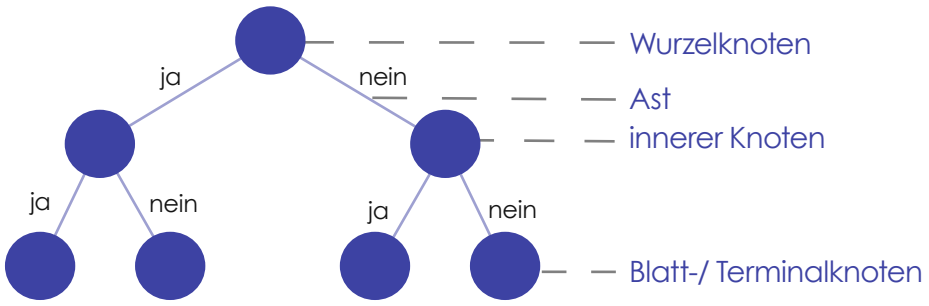

Abb. 1: Schemenhafte Darstellung eines Entscheidungsbaumes, eigene Darstellung basierend auf Jo, 2021, S. 141-144, 154

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Wie in Abb. 1 dargestellt, beginnt der Entscheidungsbaum mit einem Wurzelknoten, jeder weitere Knoten innerhalb des Baumes stellt die Merkmale und Attribute der Daten dar, die anhand der Entscheidungen getroffen werden. Die Äste veranschaulichen einen Wert oder ein Wertintervall des Attributes, welches aus dem Quellknoten entspringt. Am Ende der Äste befinden sich die inneren Knoten, in welches das Objekt einsortiert wird (bspw. ja oder nein, positiv oder negativ). Der Entscheidungsbaum endet in den Blatt-/ Terminalknoten, die die finalen Kategorien des Objektes angeben. (vgl. Jo, 2021, S. 141-154)

Entscheidungslogik eines Entscheidungsbaumes

Im Folgenden wird erläutert, wie ein Entscheidungsbaum entsteht. Die Aufteilung der Daten verläuft bei Entscheidungsbäumen sukzessiv, was bedeutet, dass die Auswahl des besten Attributs nach jeder Abzweigung neu ausgewählt wird (vgl. Lüken & Schimmelpfennig, 2018, S. 65). Diese Abzweigungen nach den Knoten nennen sich Splits (vgl. Song & Lu, 2015, S. 131). Aber woher weiß der Entscheidungsbaum, welche Entscheidung die Richtige ist? Um die Baumstruktur festzulegen und eine hierarchische Struktur des Entscheidungsbaumes aufzubauen, werden die Splits wiederholt durchlaufen (vgl. ebd.). Ein Entscheidungsbaum analysiert während des Trainings die Daten (vgl. Jo, 2001, S.141) und teilt diese fortlaufend in immer homogener werdende Teilgruppen (Knoten) auf (vgl. Lüken & Schimmelpfennig, 2018, S. 65). Es wird das Ziel verfolgt, möglichst Entscheidungen zu treffen, bei denen die Knoten als „rein" gelten, was der Fall ist, wenn alle enthaltenden Beobachtungen derselben Klasse angehören (vgl. Lüken & Schimmelpfennig, 2018, S. 65). Die (Un)reinheit (engl. (Im)purity) oder Unsicherheit wird durch **Entropy oder Gini-Impurity** bemessen (vgl. Mitchell, 1997, S. 55; vgl. Karatas, 2024, S. 101-102). Mithilfe beider Maße kann die Homogenität der Klassenverteilung in einem Knoten bewertet werden, wodurch die Auswahl des Attributs, was die Daten am stärksten trennt, unterstützt wird (vgl. ebd.; Mitchell, 1997, S. 55-57; Hastie et al., 2008, S. 309-310). Die Entropy beschreibt den Informationsgehalt einer Datenaufteilung (vgl. Ertel, 2013, S. 205), wohingegen die Gini-Impurity die Wahrscheinlichkeit misst, dass ein Element im Knoten fälschlicherweise einer anderen Kategorie zugeordnet wird (vgl. Hastie et al., 2008, S. 310). Im Rahmen dieser Arbeit wird das Modell Random Forest verwendet, welches standardmäßig die Gini-Impurity verwendet.

Auf Grundlage der zuvor beschriebenen Funktionsweise der Gini-Impurity wurde eine beispielhafte Darstellung (Abb. 2) entwickelt, um den Entscheidungsprozess eines Entscheidungsbaumes exemplarisch zu verdeutlichen. Jeder Datensatz durchläuft den Baum schrittweise von der Wurzel bis in einen Endknoten. Dabei wird an jedem Knoten eine Bedingung geprüft. Das jeweils ausgewählte Merkmal ist jenes, das die Daten an dieser Stelle am effektivsten trennt, also die Unreinehit am stärksten reduziert. Durch jeden Split entstehen dadurch immer homogener werdende Gruppen, bis schließlich ein Endknoten mit einer Klassenzuordnung erreicht wird.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

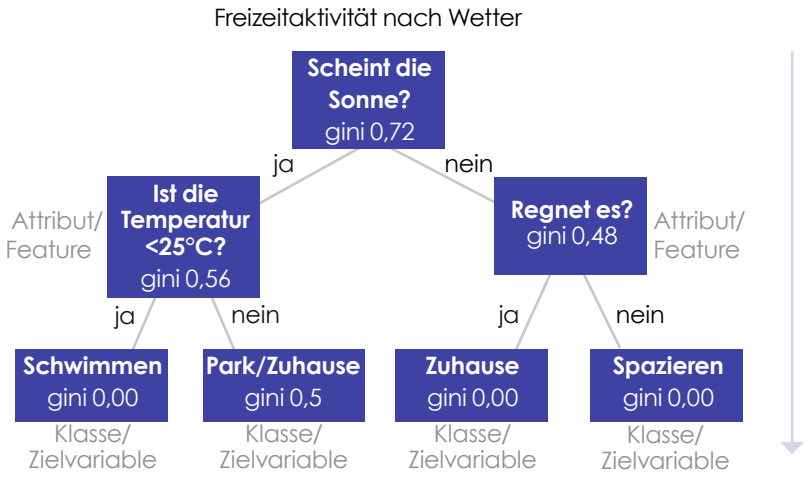

Abb. 2: Schematische Darstellung eines Entscheidungsbaumes, eigene Darstellung

Ein Problem bei Entscheidungsbäumen ist das **Overfitting** (dt. Überanpassung) (vgl. Jo, 2021, S. 89, 328-329). Overfitting beschreibt ein Phänomen, bei dem sich das Modell zu sehr an die Trainingsdaten angepasst hat und somit bei neuen Daten schlechte Ergebnisse generiert (vgl. ebd.). Durch Overfitting kann die Accuracy (dt. Genauigkeit) der gelernten Entscheidungsbäume um 10-25 % sinken (vgl. Mitchell, 1997, S. 68). Es kann mehrere Gründe haben, warum es zu einer Überanpassung des Modells kommen kann (vgl. Ertel, 2013, S. 216). Einer der Hauptgründe ist eine zu hohe Modellkomplexität (vgl. ebd.). Denn es gilt: Je detaillierter die Darstellung des Baumes, desto weniger lassen sich die neuen Daten auf das Modell adaptieren (vgl. ebd.). Zu beobachten ist, dass sich die Fehlerquote der Trainingsdaten kontinuierlich mit der Tiefe des Baumes verringert (vgl. ebd.). Ein weiterer Grund für das Overfitting kann das Fehlen von ausreichenden Trainingsdaten sein, womit die repräsentative Stichprobe der wahren Stichprobe nicht ausreichend dargestellt werden kann (vgl. Mitchell, 1997, S. 67). Auch ein Rauschen in den Trainingsdaten kann zu Overfitting führen, denn das Modell lernt zusätzlich zu den Mustern auch die Schwankungen in den Trainingsdaten (vgl. ebd., S. 111). Sind die Trainingsdaten zu hoch dimensioniert, wenn also zu viele Merkmale im Vergleich zu den Kategorien vorhanden sind, kann es ebenfalls zum Overftitting führen (vgl. Hastie et al., 2008, S. 649). Es ist also wichtig, all diese Faktoren zu beachten, um Overfitting zu vermeiden.

RF gilt als robuster gegenüber dem Overfitting als einzelne Entscheidungsbäume (vgl. Breiman, 2001, S. 5). RF besteht aus mehreren Entscheidungsbäumen (**Ensemble- Lernverfahren**) mit dem wesentlichen Gedanken, die Trainingsdatensätze in zufällige Teilmengen (Subsets) zu unterteilen (vgl. Jo, 2021, S. 160). Daher hat Random Forest seinen Namen zu verdanken. Diese Subsets entstehen durch **Bootstrap-Sampling,** das heißt Stichproben, die mit zufälligem Ziehen und Zurücklegen aus dem original Datenset generiert werden (vgl. Hastie et al., 2008, S. 249-250). Aus diesen Subsets wird jeweils ein Entscheidungsbaum generiert (vgl. ebd.), wobei jeder einzelne Baum abhängig von einem Zufallsvektor ist und immer nach den selben Regeln gezogen wird, ist aber unabhängig von

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

den anderen Subsets (vgl. Breiman, 2001, S. 5). Bei einem einzelnen Baum wird nur eine Teilmenge der Daten verwendet, die ungenutzten Daten werden **Out-of-Bag" (OOB)-Instanzen** genannt (vgl. ebd., S.11). Durch eine Abstimmungen (Mehrheitsprinzip) der einzelnen Entscheidungsbäume bei Klassifizierungen werden die finalen Ergebnisse ausgewählt (vgl. Jo, 2001, S. 161). Jeder Baum wird somit auf leicht unterschiedliche Daten trainiert (vgl. Hastie et al., 2008, S. 282). Durch die Kombination der verschiedenen Bäume, wird die hohe Varianz der Gesamtausgabe schließlich reduziert (vgl. ebd.). Dieser gesamte Prozess beschreibt das **Bagging**, auch **Bootstrap Aggregation** genannt (vgl. Breiman, 2001, S. 5) und bildet die grundlegende Technik zur Erstellung der einzelnen Bäume im RF. Zusätzlich zum Bagging wird die **Random Feature Selection** (Merkmalsauswahl) durchgeführt (vgl. Breiman, 2001, S.11). Nachdem ein zufälliges Subset gezogen wurde, wird ein Entscheidungsbaum aufgebaut (vgl. ebd.). Diese zufällige Auswahl der Features wird Randomisierung genannt (vgl. ebd.). Mittels Random Feature Selection werden an jedem Knoten des Baumes erneut zufällige Subsets erstellt (vgl. ebd.). Dies hat zum Zweck, die Korrelation zwischen den einzelnen Bäumen zu reduzieren, da nicht alle Bäume die selben starken Merkmale verwenden sollen (vgl. ebd., S. 5).

Der eben genannte Aufbau und die Funktionsweise des Random-Forest-Verfahrens sind in der Abb. 3 zur Übersicht dargestellt.

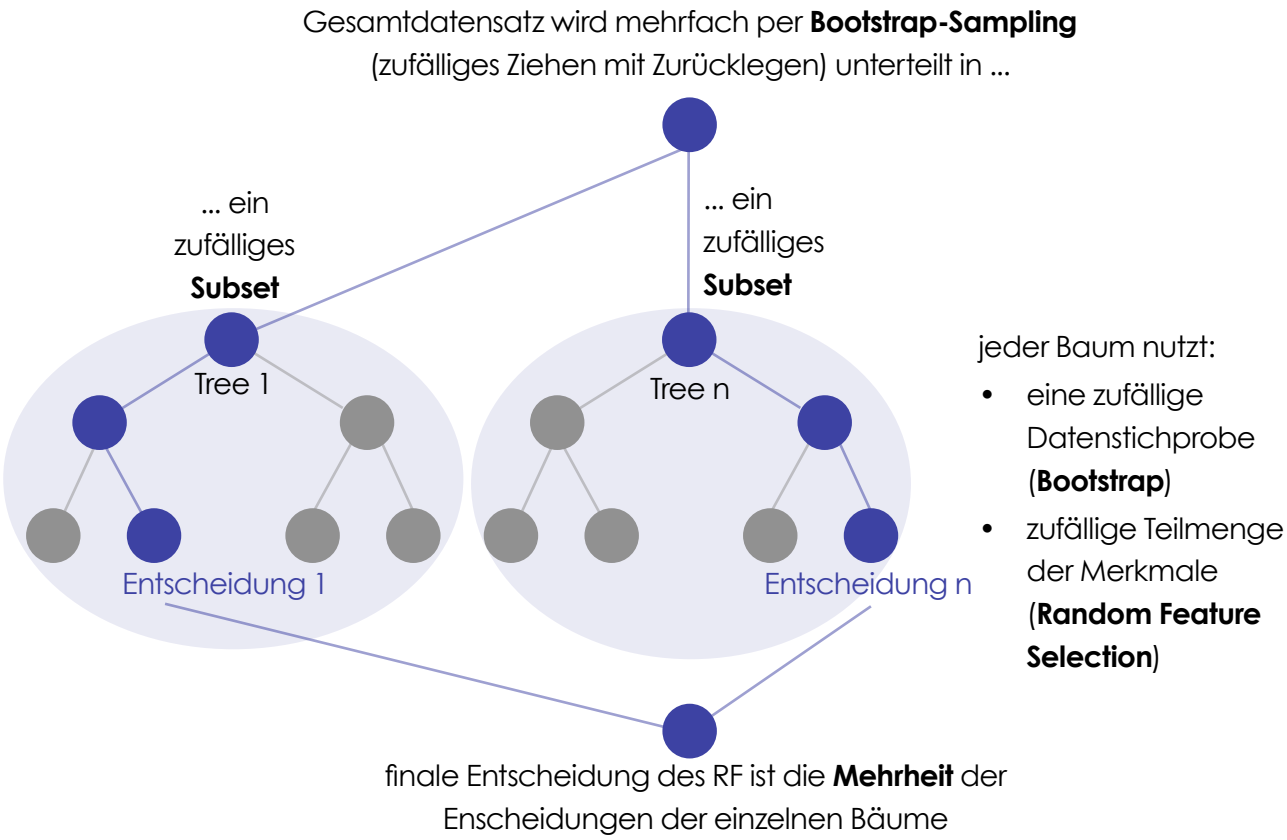

Abb. 3: Schematische Vorhersage des Random-Forest-Verfahrens, eigene Darstellung basierend auf Breiman, 2001; Jo, 2001; Hastie et al., 2008

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Mit Hilfe von **Hyperparametern**, auch Tuning-Parameter genannt, wird das Verhalten und der Aufbau der einzelnen Entscheidungsbäume beeinflusst, indem diese Parameter von den Benutzenden festgelegt werden. So kann die Struktur der einzelnen Bäume, die Anzahl der Bäume und der Zufälligkeitsgrad bestimmt werden. RF-Modelle arbeiten auch ohne die Optimierung der Hyperparameter robust, bzw. mit den Standardeinstellungen dieser Parameter. Durch das Tuning der Hyperparameter kann allerdings die Leistung der Modelle durchaus verbessert werden. (vgl. Probst et al., 2019, S. 1)

Welche Hyperparameter existieren und welche Funktion diese haben, werden in Tab. 3 dargestellt. Da in dieser Arbeit die Python Bibliothek scikit-learn verwendet wird, werden zusätzlich die Begriffe der Hyperparameter aus dieser Bibliothek genannt, um diese Einstellungen im späteren Verlauf der Arbeit besser einordnen zu können.

Hyperparameter	Scikit.learn Bezeichnung	Funktion
Anzahl der Bäume	n_estimators	Anzahl der Entscheidungsbäume im Random Forest. Meist wird durch eine höhere Anzahl an Bäumen eine bessere Leistung erbracht (vgl. Probst et al., 2019, S. 4)
Maximale Baumtiefe	max_depth	Maximale Tiefe der Bäume. Flachere Bäume können schneller, aber auch unterangepasst sein (vgl. Galarnyk, 2025)
Anzahl der Features pro Split	max_features	Spezifiziert Anzahl der Features, die bei der Suche nach dem besten Split als relevant erachtet werden (vgl. Galarnyk, 2025)
Minimale Stichprobengröße pro Split	min_sample_split	Setzt die Mindestgröße der Stichproben pro Split fest (vgl. Song & Lu, 2015, S. 131). Bei inneren Knoten, wobei höhere Werte zur Reduzierung von Overfitting führen kann (vgl. Galarnyk, 2025)
Minimale Samplesanzahl pro Endknoten	min_sample_leaf	Setzt die minimale Anzahl von Samples fest, die bei einem terminalen Knoten benötigt werden (vgl. Galarnyk, 2025)
Zufallsinitialisierung	random_state	Legt den Startwert für die Initialisierung eines Zufallswertes fest (vgl. Jo, 2021, S. 149-150)

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Hyperparameter	Scikit.learn Bezeichnung	Funktion
Bootstrap	bootstrap	Setzt fest, ob Bootstrap-Samples bei der Erstellung der Bäume verwendet werden soll (falls nicht, wird der gesamte Datensatz verwendet) (vgl. Galarnyk, 2025)

Tab. 3: Hyperparameter beim Random Forest und ihre Funktionen, eigene Darstellung basierend auf Probst et al., 2019, S. 4; Galarnyk, 2025; Jo, 2021, S. 149-150

All diese Hyperparameter dienen zur Kontrolle der Komplexität der jeweiligen Entscheidungsbäume und somit für den gesamten RF (vgl. Hastie et al., 2008, S. 308). Die Komplexität bezieht sich hierbei auf die Verringerung der Varianz, die durch die Kombination verschiedener Bäume (Ensemble-Verfahren) und eine Dekorrelation der einzelnen Bäume durch eine Randomisierung erreicht wird (vgl. Hastie et al., 2008, S. 587; Breiman, 2001, S. 9).

Die Hyperparameter und all die anderen genannten Mechanismen dienen zur Vermeidung vom Overfitting und zur Erhöhung der Accuracy (vgl. Breiman, 2001, S. 5). Die Accuracy gilt als Mittel der Leistungsüberwachung beim RF (vgl. Hastie et al., 2008, S. 219). Der Prozentsatz der **Accuracy** sagt aus, zu wie viel Prozent das Modell eine richtige Vorhersage treffen kann (vgl. Eichstädt & Spieker, 2024, S. 287).

Da ein RF-Modell nicht mit fehlenden Werten arbeiten kann, braucht es numerische Werte. Verschiedene **Imputationsmethoden** (Ersetzung fehlender Werte) können diese Werte durch Numerische ersetzen (vgl. Hastie et al., 2008, S. 333). **Median** ist eine oft verwendete Methode, bei der die fehlenden Werte durch den Median der nicht fehlenden Werte des Merkmals ersetzt werden (vgl. ebd.). Bei der **Zero-Fill** Methode wird der fehlende Wert durch eine Null ersetzt (vgl. ebd.). Ein Risiko beim Verwenden von Imputationen ist die mögliche Entstehung von Bias. Dabei handelt es sich um systematische Verzerrungen, die entstehen können, wenn die eingesetzten Ersatzwerte die zugrunde liegende Datenstruktur unzutreffend widerspiegeln (vgl. Hastie et al., 2008, S. 222).

Zusammenfassend besteht bei RF ein geringeres Risiko des Overfittings, da all die Mechanismen (Bagging, Aggregation, Random Feature Selection, Hyperparameter Tuning) dazu dienen, ein robustes Modell zu erzeugen.

Nach dem Tuning der einzelnen Mechanismen entsteht abschließend ein fertig trainierter RF, der sich in etwa wie in Abb. 4 vorzustellen ist:

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

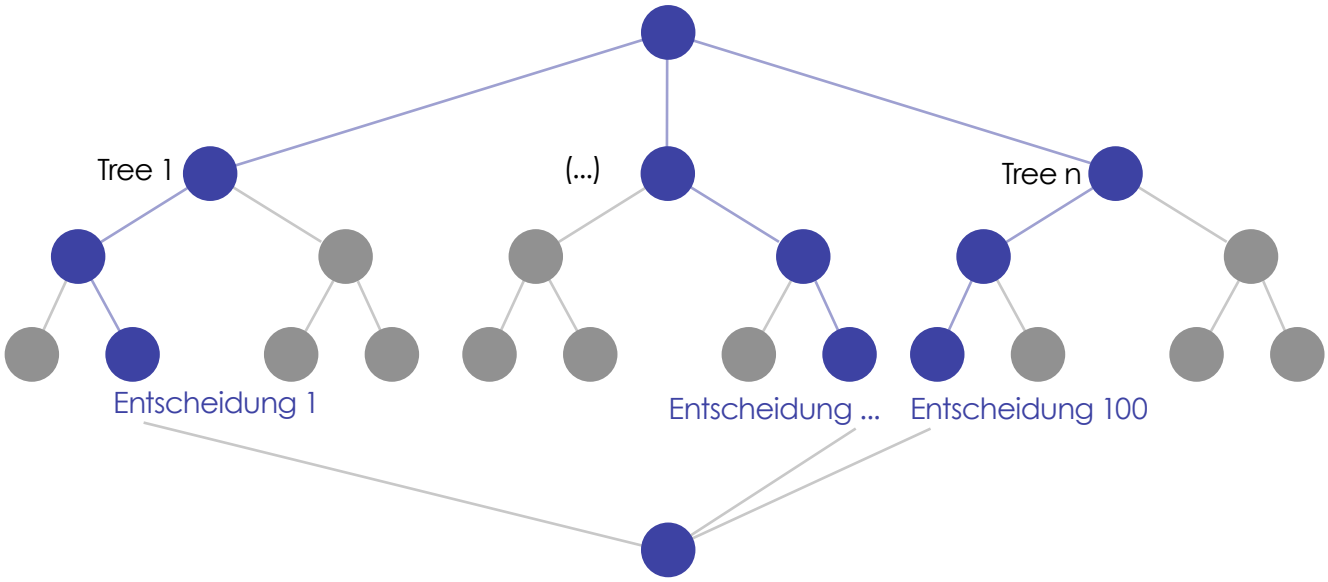

Abb. 4: Schemenhafte Darstellung eines RF, eigene Darstellung basierend auf Galarnyk, 2025

Nachdem das Training eines RF-Modells abgeschlossen ist, kann es entweder fortlaufend erweitert oder als festes Modell gespeichert werden. Beim ersteren handelt es sich um einen inkrementellen oder selbstlernenden Ansatz, bei dem selbstständig anhand neuer Daten nachtrainiert werden kann. Beim zweite Ansatz bleibt das Modell statisch und lernt nicht ohne ein erneutes manuelles Training hinzu. Diese Arbeitsweise wird auch Batch-Verfahren genannt und bietet eine hohe Stabilität, da sich das Bewertungsverhalten nicht verändern kann. (vgl. Ertel, 2013, S. 271-272)

2.3 KI in der Stadtplanung

Nachdem die theoretischen Grundlagen von KI, ML und RF dargelegt wurden, wird im Folgenden die Anwendung im Bereich der Stadtplanung beleuchtet.

Allein durch die Digitalisierung können Städte anders konzipiert werden (vgl. Bielik et al., 2021, S. 70; Akademie für Raumentwicklung in der Leibniz-Gemeinschaft [ARL], 2024, S. 2). Sie bringt neue Strategien der Planung mit sich, womit sie lange Zeit im Fokus stand (vgl. ebd.). Datenanalysen und die Integration von unterschiedlichen Datenstrukturen haben sich durch die Digitalisierung schon deutlich verbessert, was auch die Erstellung von Plänen, wie bspw. Flächennutzungs- und Bauleitpläne betrifft (vgl. ebd.). Die vorangeschrittene Digitalisierung ist die Grundlage für die Entwicklung von KI (vgl. Wendt & Swarat, 2021, S. 91), welche ein Ensemble an Technologien und Applikationen repräsentiert, die auf digitale Infrastrukturen basieren und unter Einsatz umfangreicher Datensätze „intelligente“ Lösungen generieren können (vgl. ARL, 2024, S. 2). Das Maschinelle Lernen spielt dabei eine besondere Rolle, da es anstrebt, mit Hilfe der zur Verfügung gestellten Daten eigenständig Strukturen zu erkennen (vgl. Memmel und Dengel, 2021, S. 7). Somit können Modelle trainiert werden (vgl. ebd.).

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

KI kann die Planungsprozesse radikal beschleunigen und die Rolle der Planenden kann dadurch eine Neudefinition erfahren (vgl. König et al., 2021, S. 60). Die Stadtplanung ist ein Feld, was sich besonders durch seine hohe Komplexität auszeichnet, wobei KI diese Komplexität der städtischen Umwelt bewältigen und Planungsprozesse optimieren kann (vgl. Bielik et al., 2021, S. 70). Auch die Transparenz der Planung spielt hierbei eine zentrale Rolle, was durch den Einsatz von KI gewährleistet werden kann (vgl. ebd.). Durch den Einsatz von KI kann die überragende Rechenleistung der Computer den kreativen Denkprozess des Menschen sinnvoll ergänzen (vgl. ebd.). Die Ergebnisse dabei sind von Objektivität geprägt und unterliegen keinen kognitiven Leistungen von Menschen (vgl. König et al., 2021, S. 56).

Es wird in zwei Arten der Raumwirksamkeit von KI unterschieden: die **direkte und indirekte Raumwirksamkeit**. Die indirekte Raumwirksamkeit umschließt die Praxis und die Prozesse, die für die Planung genutzt werden. Die Raumgestaltung wird nicht direkt von der KI bestimmt, sondern indirekt über die von ihr beeinflussten menschlichen Entscheidungen. Dies passiert meist in Form von Prognosen und Szenarien, die mittels KI erstellt werden. Die direkte Raumwirksamkeit bezieht sich auf physische Räume, die unmittelbar durch die Technologie entstehen. Es geht hierbei also um die Effekte, die direkt sichtbar und messbar im Raum sind, wie bspw. der Bedarf an technischen Infrastrukturen, die eine KI benötigt, um funktionieren zu können. (vgl. ARL, 2024, S. 3-4)

Bei der Integration von KI in die Stadtplanung gibt es allerdings einige Hürden bzw. Voraussetzungen, die organisatorischer, technischer und struktureller Natur sein können (vgl. Krenn et al., 2025, S. 19-20; Memmel und Dengel, 2021, S. 10). Um eine KI trainieren zu können, müssen im umfangreichen Maße Daten mit einer guten Qualität vorhanden sein, auf die ein Modell aufbauen kann und die für eine KI lesbar sind (vgl. Memmel und Dengel, 2021, S. 60). Auch spielt die für eine KI benötigte Infrastruktur eine wesentliche Rolle, wie bspw. eine genügende Speicherstruktur, wie sie bei Deep Learning Prozessen benötigt wird (vgl. ARL, 2024, S. 7). Besonders bei Kommunen sollte das entsprechende Know-how vorhanden sein und es sollte sich die Datenhoheit gesichert werden, um nicht von externen Betrieben abhängig zu sein (vgl. ebd., S. 8). Die Verantwortlichen müssen Kompetenzen und Qualifikationen aufbauen, um die KI-Technologien zu verstehen und zu kontrollieren, um deren Abläufe beurteilen zu können (vgl. ebd., S. 6). Der Einsatz einer KI muss demnach systematisch konzipiert und durchgeführt werden (vgl. ebd., S. 5). Auch der ethische Rahmen einer KI Anwendung muss gesetzt sein (vgl. Krenn et al., 2025, S. 18, 21; ARL, 2024, S. 8). Die Daten, Prozesse und Regeln müssen transparent sein, es darf keine Diskriminierungen verursachen, muss zweckmäßig verwendet werden und eine menschliche Aufsicht ist unerlässlich (vgl. ebd.). Es sollten die Ergebnisse der KI immer verstanden und kritisch hinterfragt werden und die Richtlinien des Datenschutzes müssen eingehalten werden (vgl. ebd).

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

2.3.1 Anwendungsbereiche und Beispiele

In verschiedenen Bereichen wird die KI von Städten bereits genutzt, jedoch häufig nur in einem geringen Umfang (vgl. Güleş & Schweitzer, 2021, S. 10). Im Folgenden werden die Teilbereiche und Beispiele, in denen KI in der Stadtentwicklung und -planung verwendet wird, dargestellt:

Analyse und Monitoring

Anwendungsbereich	Projekt / Beispiel	KI-Methode	Quelle
Verkehrsflussanalyse und Optimierung	KIVI in Ingolstadt nutzt Sensorik zur Steuerung von Ampeln, Integration von Unfallwarnsystemen, Optimierung des Verkehrsflusses	Neuronale Netze	vgl. Krenn et al., 2025, S. 56-57
Starkregen- und Hochwasserschutz	FloReST in Rheinland-Pfalz nutzt KI, um eine exakte Ermittlung von urbanen Fließ- und Notablusswegen bei Starkregen durchführen zu können	Neuronale Netze zur Generierung von Modellen	vgl. Krenn et al., 2025, S. 50-51
Baumbestand-Monitoring	BaKIM in Bamberg nutzt Drohnen- und Satellitenbilder, um Baumarten und deren Gesundheitszustand zu kartieren und um ihren Beitrag zur Abschwächung städtischer Hitzeinseln zu erfassen	Neuronale Netze zur Bildklassifizierung	vgl. Krenn et al., 2025, S. 44-46
Grünflächenbestand-Monitoring	Analyse des Stadtgrüns durch Klassifizierungen der Satellitenaufnahmen	RF Klassifizierungsverfahren	vgl. Eichler et al., 2020, S. 306-208
Fernerkundung und Landnutzung	Klassifikation urbaner Landnutzung durch die Auswertung von Satellitenbildern (bspw. Rostock)	RF Klassifizierungsverfahren	vgl. Hecht, 2013, S. 199

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anwendungs-bereich	Projekt / Beispiel	KI-Methode	Quelle
Digitale Zwillinge zur Bestandserfassung und Simulation	Entwicklung georeferenzierter 3D-Modelle von Städten (Bremen, Freiburg, Bocholt, Hamburg, Leipzig, München)	Erfassung von Bildinhalten und Sensordaten durch neuronale Netze	vgl. Borrmann, 2021, S. 66; vgl. Güleş & Schweitzer, 2021, S. 19

Tab. 4: Anwendungsbereiche und Beispiele von KI in der Stadtplanung, Analyse und Monitoring, eigene Darstellung

Generierung und Optimierung von Entwürfen

Anwendungs-bereich	Projekt / Beispiel	KI-Methode	Quelle
Wohnungsbau- und Grundrissgenerierung	DigiWo generiert systematisch komplexe Wohnbauprojekte (Volumen, Erschließung, Aufteilung in Wohneinheiten und Grundrisse) Basierend auf Wohnbautypologien können schnell mehrere Varianten erstellt werden	Maschinelle Lernverfahren	vgl. König et al., 2021,S. 53-55
Entwurfsexploration	Diese Phase dient der systematischen Lösungsfindung. Sie folgt der Testphase und dient dazu, den Pool von Entwurfsalternativen – die Menge aller erzeugten Varianten und deren Analysekennwerte – zu untersuchen und Kompromisslösungen zu identifizieren.	Self-Organizing Map (SOM) (KI-Technik zur Reduktion multidimensionaler Datensätze)	vgl. König et al., 2021,S. 52-57
Generative Modelle	Discover von Autodesk bewertet für Gebäude in Toronto viele Optionen von Designs, die sich an messbaren Kriterien orientieren (z.B. Behaglichkeit, Energieeffizienz)	Regelbasiertes geometrisches Entwurfssystem	Vgl König, 2021, S. 41

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anwendungs-bereich	Projekt / Beispiel	KI-Methode	Quelle
Optimierungs-system zur Bewertung von Gebäudeva-rianten	ILCO: Optimierung von Gebäudeentwürfen hin-sichtlich der Lebenszyklus-performance (LCA), z.B. Energie, Material, Betrieb).	Simulationen (z. B. quasistati-sches Monatsbi-lanzverfahren)	vgl. Kö-nig et al., 2021, S. 56
Bewertung in frühen Phasen	Die Potenzielle Lebenszyk-lusleistung (PLCP) misst das Potenzial einer bestimmten Gebäudeform. Mithilfe der automatischen Lebens-zyklusanalyse (LCA) von Bauteilen aus digitalen Ge-bäudemodellen kann dies in Sekundenbruchteilen ermittelt werden.	Hierarchische Exploration, Maschinelles Lernen	Vgl. Kö-nig et al., 2021, S. 55-61
Automatisierte Vorprüfung von Bauge-nehmigungen	BRISE in Wien: KI-gestütz-te Prüfung von Bauanträ-gen. Das System prüft die Konformität mit baurecht-lichen Vorschriften anhand von 3D-Modellen (BIM).	Klassifizierung von Bauvor-schriften, Ob-jekt- und Mus-tererkennung	Vgl. Kö-nig et al., 2021, S. 55-61 vgl. Krenn et al., 2025, S. 46-47

Tab. 5: Anwendungsbereiche und Beispiele von KI in der Stadtplanung, Generierung und Optimierung von Entwürfen, eigene Darstellung

2.3.2 Rechtliche Rahmenbedingungen

Die rechtlichen Rahmenbedingungen, die über den Einsatz von KI (in der Stadtplanung) bestimmen, werden in der **Verordnung über künstliche Intelligenz (AI Act)** festgehalten. Diese Verordnung ist darauf ausgerichtet, einen unionsweit gültigen Rechtsrahmen für die Entwicklung, Zulassung, Inbetriebnahme und Nutzung von KI-Systemen zu schaffen. Gleichzeitig soll ein hohes Schutzniveau für Gesundheit, Sicherheit und Grundrechte (einschließlich Demokratie, Rechtsstaatlichkeit und Umweltschutz) gewährleistet und eine menschenzentrierte und vertrauenswürdige KI gefördert werden. (vgl. AI Act, 2024, ErwG. 1)

Es wird in verschiedene **Risikokategorien** unterteilt, die auch relevant für die Stadtplanung sind, bei denen bestimmte Pflichten eingehalten werden müssen. Dabei handelt es sind um verbotene, Hochrisiko, mittleres Risiko und minimales Risiko KI-Systeme (siehe Tab. 6). (vgl. Krenn et al., 2025, S. 24-26)

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

verbotene KI Systeme	KI-Systeme mit hohem Risiko	KI-Systeme mit mittlerem Risiko	KI-Systeme mit geringem/ minimalem Risiko
Art. 5 AI Act	Art. 6 AI Act	Art. 50 AI Act	

Tab. 6: Risikogruppen im AI Act, eigene Darstellung basierend auf Krenn et al., 2025, S. 24

Die **verbotenen KI-Systeme** umfassen jene, die eine Bedrohung der Grundrechte und Sicherheit darstellen (vgl. AI Act, 2024, Art. 5), wozu bspw. Systeme gehören, die menschliches Verhalten manipulieren, soziales Verhalten bewerten („Social Scoring") oder die Menschen in Echtzeit biometrisch identifizieren können (mit Ausnahme bei Strafverfolgungszwecken o. ä.). (vgl. Krenn et al., 2025, S. 24-26)

Hochrisiko-KI-Systeme (vgl. AI Act, 2024, Art. 6) hingegen sind autorisiert, sofern sich an strenge Anforderungen gehalten wird, welche besonders in Bezug auf das Risikomanagement, Transparenz, Datenqualität und die ständige Aufsicht von Menschen gewährleistet sein müssen. Einrichtungen des öffentlichen Rechts sind abhängig von besonderen Verpflichtungen. Bevor Hochrisiko-KI-Systeme eingeführt werden, müssen sie regelmäßig eine grundrechtliche Folgenabwägung durchführen. KI-Systeme, die in der Verwaltung als Steuerung oder Überwachung von kritischen Infrastrukturen (Straßenverkehrs oder der Wasser-, Gas-, Wärme- oder Stromversorgung) verwendet werden, sind einer Grundrechtsabwägung zu unterziehen. Dies gilt auch für Systeme, die eine kontinuierliche Entscheidungsfindung über Anträge auf Unterstützungs- und/oder Gesundheitsdienstleistungen mithilfe von KI ermöglichen, sowie für Systeme, die bei demokratischen Prozessen zum Einsatz kommen. (vgl. Krenn et al., 2025, S. 24-26)

KI-Systeme mit mittlerem Risiko umfassen Systeme, die das Risiko bergen, welches durch mangelnde Transparenz oder Täuschungen entsteht. Ein Bsp. ist das direkte Agieren von einer natürlichen Person mit einer KI. Die Anbietenden müssen sicherstellen, dass die natürliche Person darüber informiert ist, dass sie mit einer KI interagiert. Auch KI generierte Inhalte wie bspw. Bilder oder Audios, wie auch „Deep Fakes", müssen als diese gekennzeichnet sein. (vgl. Krenn et al., 2025, S. 24-26)

KI-Systeme mit einem geringen oder minimalem Risiko umfassen jene, die Entscheidungsfindungen nicht maßgeblich beeinflussen, wozu bspw. Systeme gehören, die Daten strukturieren oder kategorisieren können, wie es auch in der Stadtentwicklung eingesetzt werden kann. (vgl. Krenn et al., 2025, S. 24-26)

Für all die genannten Verordnungen bestehen aber auch **Ausnahmen** (vgl. AI Act, 2024, Art. 2 Abs. 6), wenn die KI bspw. zum alleinigen Zweck der Wissenschaft dient und wenn die Systeme unter freien und quelloffenen (Open-Source) Lizenzen bereitgestellt werden. Darunter fallen Systeme, die es den Nutzenden offen gestattet, die Daten und Modelle abrufen, verändern und verbreiten zu können. Anbietende der verbotenen und Hochrisiko-KI-Systemen sind dennoch dafür verantwortlich, die Pflichten dieser zu erfüllen. (vgl. Krenn et al., 2025, S. 24-26)

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Das **Grundrecht des Datenschutzes** (Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) 2016/679) behält trotz der AI Act Verordnungen seine Gültigkeit, welches besagt, dass personenbezogene Daten in KI-Systemen nur mit einer Einverständnis verwendet werden dürfen (vgl. Krenn et al., 2025, S. 27). Zudem gilt laut dem Art. 22 DSGVO das Verbot der rein automatischen Entscheidung: Es schützt natürliche Personen davor, dass Entscheidungen mit rechtlichen Auswirkungen oder Beeinträchtigungen ausschließlich durch automatische Systeme, einschließlich Profiling[5], getroffen werden (DSGVO, 2016, Art. 22 Abs. 1).

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

5 Laut Artikel 4 Nr. 4 DSGVO bezeichnet der Begriff Profiling die automatisierte Verarbeitung personenbezogener Daten zum Zweck der Bewertung individueller Merkmale oder Verhaltensweisen einer Person.

03 ENTWICKLUNG & ANWENDUNG DER DIGITALEN JURY

Dieses Kapitel umfasst sowohl das methodische Vorgehen zur Entwicklung und Anwendung der digitalen Jury als auch die daraus resultierenden Ergebnisse. Zur Umsetzung der digitale Jury wurde zunächst die Datenbasis aufbereitet, wozu sich die Auswahl der Wettbewerbe und die dazugehörigen Kriterien einordnen lassen, ebenso wie die Bewertung der Entwürfe nach den zuvor ausgewählten Kriterien. Diese dienten als Datengrundlage für das Training des Modells. Das Ziel der digitalen Jury ist es, städtebauliche Entwürfe selbstständig bewerten und abschließend eine Sternebewertung abgeben zu können. Die Erstellung eines RF-Modells erfolgt in Form von abwechselnden Trainings- und Evaluierungszyklen. Für ein ML-Verfahren ist dieser iterativen Prozess ein wesentlicher Bestandteil.

Abb. 5: Gesamtprozess der digitalen Jury - Darstellung des iterativen Prozesses, eigene Darstellung

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

3.1 Datengrundlage und -erhebung

Die Grundlage der digitalen Jury bildeten öffentlich zugängliche Wettbewerbsdatensätze. Diese Datenbasis diente für realistische Eingangsdaten, um die spätere Bewertung der städtebaulichen Entwürfe reproduzierbar zu machen und auf deren Grundlage das Modell der digitalen Jury messbare Informationen verarbeiten kann. Ziel der Datenerhebung war es, eine möglichst repräsentative Auswahl abgeschlossener städtebaulicher Wettbewerbe aus dem deutschsprachigen Raum zu erfassen. Die Tab. 7 stellt einen Überblick über die genutzten Plattformen, die jeweiligen Suchparameter sowie die Auswahl der in die Datengrundlage aufgenommenen Wettbewerbe dar.

Quelle	Suchbegriffe	Anzahl verwendeter Wettbewerbe
Architektenkammern (D)	-	28
Bundeskammer Ziviltechniker_innen	„Städtebau“	1
Competitionline	„Wettbewerb“ + Kategorie „Städtebauliche Projekte“	71
gesamt		100

Tab. 7: Übersicht der Datenquellen und Suchparametern, eigene Darstellung

Wie in der Tab. 7 ersichtlich, galten als zentrale Quellen die Online-Archive der Architektenkammern der jeweiligen Bundesländer Deutschlands und das Online-Archiv der Bundeskammer der Ziviltechniker_innen Österreichs sowie die Architektenplattform für Wettbewerbe für u. a. Städtebau: Competitionline. Die Auswahl der Wettbewerbe erfolgte über Competitionline chronologisch rückwärts (beim jüngsten Eintrag beginnend bis zu älteren Einträgen), um den Stand der heutigen Planungsanforderungen abzubilden.

In die Datensammlung wurden Wettbewerbe aufgenommen, denen eine öffentliche Auslobung beigefügt war oder die zumindest über eine Aufgabenbeschreibung verfügten. Darüber hinaus mussten die Lagepläne der Entwürfe einsehbar sein, um eine spätere Bewertung zu ermöglichen. Nicht berücksichtigt wurden Wettbewerbe mit rein freiraumplanerischen Fokus oder solche, die sich lediglich mit einzelnen Gebäudekomplexen befassten. Die Größe des Wettbewerbsgebietes und die Verfahrensart spielten bei der Auswahl keine Rolle. Zudem wurden Dopplungen der Wettbewerbe ausgeschlossen.

Auf diese Weise konnten **insgesamt 100 Entwürfe** gesammelt werden, die als Datengrundlage für das Modell der digitalen Jury dienten. Im weiteren Verlauf wurden von den 100 Wettbewerben jeweils überwiegend die erstplatzierten Entwürfe für die weitere Analyse behandelt, sofern diese vorhanden waren. In wenigen Ausnahmen wurden die Zweitplatzierten genommen (wenn bspw. kein Lageplan der Erstplatzierung vorhanden war), um sicherzustellen, dass das Modell

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

aus qualitativ hochwertigen Lösungen trainiert wird. Die Sammlung der Wettbewerbe erfolgte in einer Exceltabelle, in der die Wettbewerbe mit Quelle per Link, Name des Wettbewerbs, Ort mit Bundesland und das Land aufgelistet wurden (siehe Anhang A.1).

3.2 Herleitung der Bewertungskriterien

Nach Abschluss der Datenerhebung erfolgte die Identifizierung der Bewertungskriterien. Sie bilden die Grundlage der Trainingsdaten und somit den methodischen Ausgangspunkt für die Modellierung der digitalen Jury.

Zu diesem Zweck wurde eine weitere Tabelle (siehe Anhang A.2) angelegt, in der mögliche Kriterien zur Beurteilung der Entwürfe zusammengetragen wurden. Hierfür wurden Kriterien aus den Auslobungen bzw. Aufgabenstellungen der Wettbewerbe extrahiert und in dieser Tabelle gesammelt. Alle Aufgabenstellungen der Wettbewerbe, die in den jeweiligen Auslobungen oder unter den Aufgaben ersichtlich waren, wurden hierfür nach Textpassagen durchsucht, in denen Kriterien hervorgingen. Daraus wurden im Folgenden Bewertungskriterien abgeleitet bzw. benannt. Um die Ableitung der Bewertungskriterien nachvollziehen zu können, wurden die jeweiligen Textpassagen aus den Aufgabentexten zu den jeweiligen Wettbewerben ebenfalls gesammelt.

Bei der Extraktion der Bewertungskriterien wurde darauf geachtet, Kriterien aufzunehmen, die anhand des Lageplans messbar bzw. ableitbar sind. Dieser Schritt der Ableitung geht mit dem Schritt der Messbarkeit der Kriterien einher (siehe Kap. 3.3.2).

Da die Lagepläne der Entwürfe lediglich als Bilddateien (keine Vektordaten) vorhanden waren, wurde analysiert, welche Kriterien generell anhand dieser Lagepläne messbar und bewertbar sind, da die Entwürfe im weiteren Verlauf manuell durch die Kriterien bewertet wurden. Das heißt, die Entwürfe wurden anhand der Bild- oder PDF-Dateien bewertet. Kriterien wie Barrierefreiheit, Wind, Erdgeschossnutzungen, Dichte, Budget und gestalterische Kriterien, die die Architektur betreffen, waren anhand eines Lageplanes nicht ablesbar und wurden daraufhin nicht weiter erhoben und berücksichtigt. Nach der Aufnahme der Kriterien aus den Wettbewerben, wurde die Messbarkeit derer nochmals überprüft. Von den einst 34 erhobenen Kriterien, waren sich manche inhaltlich und dementsprechend auch in der Messung ähnlich, sodass diese zusammengelegt werden konnten. Kriterien wie die Nachhaltigkeit und klimabezogene Kriterien setzen sich aus den anderen Kriterien zusammen, daher sind es eigentlich Meta-Kriterien und wurden deshalb im weiteren Vorgehen nicht weiter berücksichtigt.

Die finale Auswahl der Bewertungskriterien ergab sich aus der Zusammenführung der nachfolgenden Arbeitsschritte. Letztendlich sind vorerst 15 Kriterien verblieben (siehe Anhang A.2, grün hinterlegt):

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

- Nutzungsmischung
- Zukunftsfähige Mobilität
- Anteil Grünflächen
- Einbettung in die Umgebung
- Lärmschutz
- Erhalt Bestandsgebäude
- PV-Anlagen auf dem Dach
- Vielfältige Nutzungen der Freiflächen
- Zugang Wasser
- Entsiegelung
- Rettungswege
- Dachbegrünung
- Erhalt Baumbestand
- Abstandsflächen
- Zonierung Freiflächen

Die dargestellten Kriterien bilden die Grundlage für die Bewertungsmatrix. Eine detaillierte Erklärung der einzelnen Kriterien erfolgt im Zuge der jeweiligen Messbarkeit der Kriterien in Kap. 3.4.2.

3.3 Erstellung der Bewertungsmatrix

Die digitale Jury, bzw. das Random-Forest-Modell arbeitet mit strukturierten, numerischen Werten. Die Bewertungsmatrix bietet demnach eine Grundlage für das Modell und dient als Trainingsgrundlage, welche aus diesen numerischen Werten besteht. Dazu müssen die qualitativen Planinhalte in quantitativen Daten umgewandelt werden.

An dieser Stelle wird erläutert, wie die Bewertungskriterien, am Beispiel eines zufällig ausgewählten Entwurfes aus der Datensammlung, bemessen wurden. Anschließend konnten die 100 Entwürfe manuell bewertet werden. Am Ende erfolgte anhand der Kriterienbewertungen eine weitere manuelle abschließende „Benotung“ jeden Entwurfes von 1 bis 5 Sternen.

3.3.1 Digitalisierung eines Beispielentwurfes

Das Ziel ist es, ein Modell zu entwickeln, welches Entwürfe selbstständig bewerten kann und nicht nur eine abschließende Sternebewertung vergibt. Dazu benötigt das Modell quantifizierbare Daten, wie Shape-Dateien, die alle nötigen Informationen zur Messung der Daten enthalten.

Zu diesem Zweck wurde exemplarisch ein Entwurf aus der bestehenden Wettbewerbssammlung zur Erprobung der Bewertungsmethodik in QGIS digitalisiert. Dieser Entwurf diente als eine Art Testdatei. Dabei handelte es sich um einen Entwurf aus der Datensammlung (Entwurf E065, siehe Abb. 6). Die „Umwandlung“ in eine Vektordatei dient zur Demonstration der Herleitung der Entwicklung, Über-

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

prüfung und Bewertungslogik des Modells. Die Erkenntnisse aus diesem Schritt fließen in die spätere automatische Bewertung des Modells ein. Somit dient die Digitalisierung als Vorbereitungsschritt für Maschinelles Lernen und ist notwendig für eine maschinelle Auswertung. Mit Hilfe von QGIS können die Daten bemessen und analysiert werden. Die beispielhafte Analyse wurde mit der QGIS Version 3.42.1 „Münster" durchgeführt.

Abb. 6: Quartiersentwicklung Altort in Thalmässing, Bayern (E065) (Studio Wessendorf & Atelier Loidl, o.J.)

Im Folgenden werden die Schritte der Digitalisierung des Beispielentwurfes erläutert.
Das Bild des Lageplans konnte durch Import Rasterlayer als .tiff in GIS importiert werden. Zunächst wurde der Entwurf georeferenziert und in das passende Koordinatensystem (ESPG:25832) übertragen. Diese maßstabgetreue Einbindung der Daten ist notwendig, um realistische Flächenangaben zu erhalten.

Anschließend wurde der Entwurf manuell vektorisiert. Auf Basis des georeferenzierten Lageplans wurden alle ersichtlichen Geometrien nachgezeichnet und somit Shape-Dateien erzeugt. Die Objekte wurden in thematische Layer getrennt (Gebäude, Verkehrsflächen, Grünflächen, etc.), wobei jeder Layer nur eine Geometrieart abspeichert (Gebäude als Polygone, Punkte für Bäume, etc.). Die Struktur der Layer wurde so ausgewählt, dass die spätere Bewertung der Kriterien ermöglicht wird (siehe Tab. 8). Alle Layer wurden im gleichen Koordinatensystem abgespeichert. Die Umgebungs- und Bestandsdaten wurden von OpenStreetMap bezogen und ebenfalls manuell nachgezeichnet.

Da der Beispielentwurf nicht alle für die Bewertung erforderlichen Inhalte enthielt, wurden fehlende Layer und Attribute mit fiktiven Werten ergänzt. So ließ sich das gesamte Bewertungskonzept exemplarisch erproben und das Verfahren zur Bemessungen der Kriterien konnte iterativ angepasst werden. Bei dem Layer *Gebaeude.shp* wurde das Attribut *Geb_Hoehe* (Gebäudehöhe) ergänzt. In dem Layer *Verkehrsflaeche* wurde das Attribut *Begegnungszone* vervollständigt. Auch die Layer *PV-Anlage.shp, Verkehrsmittellinie.shp* und *oeffentlichePlaetze.shp* wurden ergänzt und beliebig eingezeichnet, wie in der Abb. 7 dargestellt.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Abb. 7: Digitalisierter Entwurf E065 (mit allen Layern und Attributen), eigene Darstellung erstellt in QGIS basierend auf den Entwurf E065 (Studio Wessendorf & Atelier Loidl, o.J.)

In der folgenden Tab. 8 wird die benötigte Layerstruktur zur Übersicht dargestellt.

Layername	Attribut	Geometrietyp
Gebaeude.shp	Geb_Hoehe	Polygon
Gebaeude_Umgebung.shp	-	Polygon
Dachgruen.shp	-	Polygon
PV_Anlage.shp	-	Polygon
Verkehrsflaechen.shp	Nutzung mit Fuss_Rad, Kfz_Flaeche, Begeg-nungszone	Polygon
Verkehrsmittellinie.shp	-	
oeffentliche_Gruenflaechen.shp	Nutzung	Polygon
private_Gruenflaechen.shp	-	Polygon
oeffentliche_Plaetze.shp	-	Polygon
Wasser.shp	-	Polygon
Baeume_Entwurf.shp	-	
Bestandsbaeume.shp	-	
Bestandsgruen.shp	-	Polygon
Gebietsabgrenzung.shp	-	Polygon

Tab. 8: Layerstruktur der Vektordaten, eigene Darstellung.

Eine detaillierte Erläuterung, wie die einzelnen Layer zur Bewertung der Kriterien beitragen, findet sich im nachfolgenden Kap. 3.3.2.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

3.3.2 Finale Kriterien und deren Bemessung

Auf Basis der zuvor definierten Bewertungskriterien wurde bestimmt, wie diese in messbaren Größen überführt werden können. Das Ziel bestand darin, die inhaltlichen Aspekte der Entwürfe in numerische und kategorische Werte zu transformieren, damit das Modell diese automatisch bewerten kann. Die dafür entwickelten Skalen erlauben eine einheitliche und vergleichbare Darstellung der Kriterien innerhalb der Bewertungsmatrix. Die Bemessungsgrundlagen wurden eigenständig hergeleitet.

Wichtig ist an dieser Stelle zu erwähnen, dass in den früheren Phasen zunächst mehr Kriterien und Layer einbezogen wurden. Im Zuge der Modelloptimierung reduzierte sich diese Anzahl, da sich dadurch die Modellleistung verbesserte. Eine detaillierte Erklärung erfolgt im Kap. 3.4.3. In diesem Kapitel werden lediglich diejenigen erläutert, die final übrig geblieben sind. Zunächst wurde sich für jedes Kriterium eine individuelle Skala überlegt. Die Skalen sind vereinheitlicht, aber nicht immer gleichartig. Demnach kann beispielsweise Kriterium K002 eine andere Skala haben als Kriterium K003. Alle Geometrien, die im Modell berücksichtigt werden und sich ausschließlich auf das Entwurfsgebiet beschränken, liegen als Vektordatei vor. Lediglich die Umgebungsgebäude wurden ergänzend aufgenommen.

Basierend auf den zuvor festgelegten Kriterien werden folglich die jeweiligen Bewertungskriterien und ihre Messbarkeit erläutert:

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Zukunftsfähige Mobilität

SKALA: 1-5

Beschreibung:

Dieses Kriterium bewertet, ob das Verkehrsflächenangebot auf die Zukunftsfähigkeit ausgelegt ist. Hierbei wird die Summe der Fuß- & Radwege-Flächen im Verhältnis zur Fläche für Kraftfahrzeuge [Kfz] genommen. Je höher der Anteil nicht-motorisierter Flächen, desto besser. Unter der Begegnungszone sind sowohl Fußgänger_innen, Radfahrende als auch Kfz-Flächen inbegriffen. Die Kfz-Fläche wird mit der Hälfte der Begegnungszone[6] berechnet und Stellplätze gelten als Kfz-Fläche. Die Eigentumsverhältnisse, ob privat oder öffentlich, spielen bei der Kfz-Fläche keine Rolle. Die Fuß- und Radwege werden als eine Fläche gezählt.

Berechnung:

Je nach Verhältnis wird durch die Schwellenwerte in die Skala von 1–5 eingeteilt:
5 = autofrei (Kfz_Flaeche == 0 und Begegnungszone == 0)
4 = Fuß/Rad doppelt so groß wie Auto-Flächen
3 = Fuß/Rad größer als Auto-Flächen
2 = Fuß/Rad ist mindestens halb so groß wie Auto-Flächen
1 = Fuß/Rad ≤ halb so groß

Verhältnis = Fuss_Rad / Kfz-Flächen

Datenquellen:

Verkehrsflaechen.shp mit Attributfeld „Nutzung“ (Fuss_Rad, Kfz_Flaeche, Begegnungszone)

Anteil Grünflächen

SKALA: 0-1

Beschreibung:

Der Anteil von Grünflächen im Verhältnis zur Gesamtfläche des Entwurfsgebiets soll gemessen werden. Je größer der Anteil, desto besser. Als Grünflächen zählen öffentliche Grünflächen (Parks, Plätze, Spielplätze, o. Ä.) und private Grünflächen.

Berechnung:

Anteil Grünflächen = (öffentl. + private Flächen) / Gesamtfläche

Datenquellen:

private_Gruenflaechen.shp, oeffentliche_Gruenflaechen.shp, Gebietsabgrenzung.shp

6 Begegnungszone: „eine Straße, deren Fahrbahn für die gemeinsame Nutzung durch Fahrzeuge und Fußgänger bestimmt ist, und die als solche gekennzeichnet ist“ (§ 2 Abs. 2a StVO; Bundeskanzleramt Österreich, 1960)

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Einbettung in Umgebung

SKALA: 1-2

Beschreibung:

Die Körnung der Gebäude soll sich angemessen in die bauliche Umgebung eingliedern. Bewertet wird, ob die Gebäudeflächen des Entwurfes in ihrer Größe vergleichbar zur Umgebungsbebauung sind.

Berechnung:

Körnigkeitsfaktor = Durchschnittsfläche Entwurfsgebäude/
Durchschnittfläche Umgebungsgebäude

Skalenvergabe:

0.75-1.25	2 (gute Einbettung)
0.5 – 0.75 oder 1.25 – 1.5	1.5 (mittlere Einbettung)
< 0.5 oder > 1.5	1 (keine gute Einbettung)

Datenquellen:

Gebaeude.shp (Gebäude im Entwurfsgebiet), *Gebaeude_Umgebung.shp* (Gebäude im baulichen Umfeld)

Lärmschutz

SKALA: 0-2

Bewertet wird, ob im Entwurf aktiv auf mögliche Lärmquellen (v. a. Kfz-Verkehr) durch Gebäudehöhen reagiert wurde. Annahme: Höhere Gebäude entlang von Verkehrsachsen können als baulicher Schallschutz dienen.

Berechnung:

Ein 10-Meter-Puffer wurde um die Kfz-Flächen erstellt (simuliert die Lärmzone). Gebäude, die in diesen Puffer hineinragten, gelten als „an Kfz". Aus Gebaeude.shp wurde für beide Gruppen der Mittelwert der Höhe („Geb_Hoehe") berechnet. Diese beiden Mittelwerte wurden anschließend verglichen.

Skalenvergabe:

Gebäude an Kfz-Flächen sind höher als sonstige Gebäude	2
Gebäude gleich hoch	1
Gebäude an Kfz-Flächen sind niedriger	0

Datenquellen:

Gebaeude.shp mit dem Attribut „Geb_Hoehe", *Verkehrsflaechen.shp* mit den Attributen „Kfz_Flaeche" aus „Nutzung"

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Erhalt Bestandsgebäude

SKALA: 0-1

Beschreibung:

Bewertet wird, wie viele bestehende Gebäude erhalten bleiben. Es wird der Anteil der neuen Gebäude, die auf Bestandsflächen stehen ermittelt, indem überlappende Flächenanteile identifiziert werden.

Berechnung:

Überlagerung (Overlay) der neuen Gebäude mit den Bestandsgebäuden: per Puffer von 0.2 m um die Gebäude, um kleine Zeichenungenauigkeiten zu kompensieren. Anschließend wird die geometrische Schnittmenge berechnet und die sich überlappenden Gebäude gezählt. Die Bestandsgebäude in dem Plangebiet müssen demnach sowohl im Layer Gebaeude.shp als auch im Layer Gebaeude_Umgebung.shp vorkommen, da die Überlagerung gemessen wird.

Anteil = Anzahl überlappender Gebäude / Anzahl aller neuen Gebäude

Skalenvergabe:

Maximaler Erhalt 1
Vollständiger Abriss 0

Datenquellen:

Gebaeude.shp (neue Gebäude im Entwurf), *Gebaeude_Umgebung.shp* (bestehender Gebäudebestand), *Gebietsabgrenzung.shp* (Clipgrenze für den relevanten Bereich)

PV-Anteil

SKALA: 0-1

Beschreibung:

Erfasst wird, inwieweit Photovoltaik-Anlagen auf den Dächern vorgesehen sind. Es wird der Anteil der PV-Flächen auf den Dächern ermittelt.

Berechnung:

Es wird die gesamte Dachfläche der neuen Gebäude angenommen als: Summe der Grundflächen der Gebäude.

Anteil PV = PV-Fläche/Gesamtfläche der Gebäude

Skalenvergabe:

Gesamte Dachfläche mit PV-Anlagen 1
Keine PV-Anlagen auf den Dächern 0

Datenquellen:

PV_Anlage.shp, Gebaeude.shp

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Nutzungsvielfalt Freiflächen

SKALA: +1 Pt.

Beschreibung:

Gemessen wird die funktionale Vielfalt der Freiflächen. Je mehr unterschiedliche Nutzungen (bspw. Spielplatz, Park, Gärten, Gemeinschaftsflächen, etc.) vorgesehen sind, desto höher ist die Aufenthaltsqualität des Gebietes. Es wird die Anzahl der unterschiedlichen Nutzungstypen gezählt, die innerhalb der öffentlichen Grünflächen vorgesehen sind. Sofern vorhanden, werden öffentlichen Plätze dazu gezählt.

Berechnung:

Anzahl der verschiedenen Werte in der Attributtabelle „Nutzung" von dem Layer oeffentliche_Gruenflaechen.shp. Dieser Wert wird mit 1 summiert, sofern oeffentliche_Plaetze.shp vorhanden sind.

Skalenvergabe:

Ganze Zahl, jeder eindeutig erfasste Nutzungstyp zählt als 1 Punkt

Datenquellen:

oeffentliche_Gruenflaechen.shp mit dem Attribut „Nutzung", oeffentliche_Plaetze.shp

---

Zugang Wasser

SKALA: 0-2

Bewertet wird, ob Wasserflächen im Entwurfsgebiet vorhanden sind und ob sie öffentlich zugänglich bzw. erlebbar sind. Dazu zählen alle Arten von Wasser – auch Brunnen.

Berechnung:

Es wird überprüft, ob im Entwurfsgebiet Wasserflächen vorhanden sind und ob diese in räumlicher Nähe (mit einem Buffer von 2m, von der Wasserfläche) zu öffentlich zugänglichen Freiflächen (öffentlichen Grünflächen und Plätzen) liegen.

Skalenvergabe:

kein Wasser	0
funktional vorhanden, aber nicht erlebbar	1
öffentlich zugänglich und gestalterisch eingebunden	2

Datenquellen:

Wasser.shp, oeffentliche_Gruenflaechen.shp, oeffentliche_Plaetze

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Entsiegelung

SKALA: -1-1

Beschreibung:

Bewertet wird, wie die Veränderung des Grünflächenanteils im Vergleich zum vorherigen Zustand ist. Die Differenz zwischen den neu geschaffenen Grünflächen und den zuvor vorhandenen Grünflächen wird ermittelt. Falls das gesamte Gebiet zuvor komplett versiegelt war und es durch den Entwurf begrünt wurde, soll sich das nicht negativ auf die Bewertung auswirken, nur weil der Layer *Bestandsgrün* nicht vorhanden ist. In diesem Fall sollte der Layer vorhanden sein (leer, also ohne Inhalt). Somit wird hier der Wert der anteiligen Gesamtbegrünung verwendet (Summe der öffentlichen und privaten Grünflächen). Wenn der Bestandsgrün-Layer nicht vorhanden ist, wird wie gehabt das Kriterium mit 0 bewertet.

Berechnung:

Das Bestandsgrün wird mit der Summe der neuen Fläche aus öffentlichen und privaten Grünräumen verglichen.

Entsiegelung = (Grünfläche neu-Grünfläche alt)/Gesamtfläche

Datenquellen:

Bestandsgruen.shp, oeffentliche_Gruenflaechen.shp, private_Gruenflaechen.shp, Gebietsabgrenzung.shp

---

Rettungswege

SKALA: 0-1

Beschreibung:

Bewertet wird, ob die Erschließung durch Wege breit genug ist, um Rettungsfahrzeuge (z. B. Feuerwehr) passieren zu lassen. Eine Mindestbreite von 3 m gilt als planerischer Standard. Es wird überprüft, ob die Wegbreite ausreichend ist.

Berechnung:

Die Verkehrsmittellinien werden um 1,5 m gepuffert, um die benötigte Mindestwegbreite von 3m darzustellen. Anschließend wird überprüft, ob sich innerhalb dieser Pufferflächen Gebäude oder Freiraumflächen befinden. Wenn Überschneidungen vorliegen, wurde die Mindestwegbreite nicht erfüllt. Da es hier zu Ungenauigkeiten in der Zeichnung kommen kann, wird eine Überlappung von 0,01 m toleriert.

Skalenvergabe:

Alle Wege frei zugänglich	1
Wege blockiert	0

Datenquellen:

Verkehrsmittellinie.shp, Gebaeude.shp, oeffentliche_Gruenflaechen.shp, private_Gruenflaechen.shp, oeffentliche_Plaetze.shp

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Anteil Dachbegrünung

SKALA: 0-1

Beschreibung:

Bewertet, wie viel der Dachflächen des Entwurfsgebietes begrünt wurden. Der Anteil der begrünten Dachfläche wird an der gesamten Dachfläche bemessen.

Berechnung:

Die gesamte Gebäudefläche wird als Dachfläche angenommen. Begrünte Dachflächen sind in gesonderten Geometrien dargestellt. Der Vergleich der beiden Flächen liefert den prozentualen Anteil.

Anteil Dachgrün = Fläche Dachbegrünung/Gesamtfläche Gebäude

Datenquellen:

Dachgruen.shp, Gebaeude.shp

Erhalt Baumbestand

SKALA: 0-1

Bewertet, inwieweit Bestandsbäume im Entwurfsgebiet erhalten bleiben.

Berechnung:

Es wird überprüft, ob und inwieweit sich die neuen Bäume mit bestehenden Bäumen überlagern (mit einem 1m Buffer, falls ungenau gezeichnet wurde). Durch die Anzahl der Überschneidungen wird der Anteil der erhaltenden Bäume ermittelt.

Datenquellen:

Bestandsbaeume.shp, Baeume_Entwurf.shp

Zonierung Freiflächen

SKALA: 0-1

Bewertet, ob eine erkennbare Differenzierung von öffentlichen und privaten Freiflächen im Entwurfsgebiet vorgesehen sind.

Berechnung:

Es wird überprüft, ob mindestens zwei Arten der Freiflächen vorhanden sind.

Skalenvergabe:

Zonierung vorhanden	1
Keine Zonierung	0

Datenquellen:

oeffentliche_Gruenflaechen.shp, private_Gruenflaechen.shp

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

3.3.3 Füllen und Labeln der Bewertungsmatrix

Im nächsten Schritt wurden die ermittelten Werte des Beispielentwurfes in eine Bewertungsmatrix übertragen und anschließend die restlichen 99 Entwürfe aus der Datengrundlage anhand der 15 Kriterien numerisch bewertet. Die Bewertung der restlichen Entwürfe erfolgte manuell über die Sichtung der Bild-Dateien der jeweiligen Lagepläne. Es wurde die gleiche Logik der Bewertung und nach den selben Skalen wie beim Beispielentwurf bewertet.

Die Sammlung der Bewertungen der Entwürfe wurde in einer Exceltabelle erfasst (siehe Anhang A.3). Dabei stellte jeder Entwurf eine Zeile in der Tabelle dar und jede Spalte ein Kriterium. Da nicht alle Lagepläne in guter Qualität waren und beispielsweise die Nutzungen oder Gebäudehöhen nicht erkennbar und somit nicht messbar waren, konnten die Bewertung dieser nicht ablesbaren Kriterien nicht bewertet in die Bewertungsmatrix eingetragen werden und wurden somit als Not-Available-Werte [NA] dokumentiert. Im späteren Vorgehen wurden verschiedene Strategien im Umgang den NA-Werten getestet, da sie die Modelleistung beeinflussen können (siehe Kapitel 3.4.3.3).

Im nächsten Schritt wurden die Wettbewerbe **gelabelt**. Darunter ist zu verstehen, dass jedem Entwurf eine abschließende Gesamtbewertung in Form von Sternen von einer Skala von 1-5 zugewiesen wurde. Dazu wurden alle Werte der gesamten Zeile summiert. Da allerdings jedes Kriterium eine eigene Skala hat, würden somit die Kriterien unterschiedlich gewichtet werden. Um eine Gewichtung zu vermeiden, wurden alle Skalen der Kriterien auf eine Skala von 0 bis 1 normiert. Somit könnte ein Entwurf maximal 15 Punkte erreichen, wenn alle Kriterien zu 100 % erfüllt wären. Die Summe der normierten Werte wurde in einer Spalte (Norm_Summe) in einer gesonderten Exceltabelle gesammelt (siehe Anhang A.4). Folglich wurde eine Skala festgelegt, die die Norm-Summen in 1-5 Sternen kategorisiert. Wichtig zu erwähnen ist, dass in die Bewertungsmatrix selbst nicht die normierten Werte eingetragen wurden. Sie dienten lediglich als Vorlage, um dem Modell das Labeln zu trainieren, damit anhand dieser Werte später automatisch labeln zu können. Die Normierung wurde lediglich für das manuelle Labeln verwendet und in einer separaten Tabelle erstellt. Im späteren Verlauf wurden die Kriterien der Entwürfe in den originalen Skalen (wie im Kapitel 3.4.2 beschrieben) bewertet.

Norm-Summe

≤ 6.0	1 Stern
> 6.0 – ≤ 7.5	2 Sterne
> 7.5 – ≤ 9.0	3 Sterne
> 9.0 – ≤ 10.5	4 Sterne
> 10.5	5 Sterne

Tab. 9: Einteilung der Sternevergabe nach der Norm-Summe, eigene Darstellung

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Die Ergebnisse dieser Sternebewertungen wurden in die Bewertungsmatrix übertragen. Somit hatte jeder Entwurf eine abgeleitete Sternebewertung in der fertigen Bewertungsmatrix und konnte folglich als Grundlage für das Modelltraining dienen.

RF unterscheidet zwischen Trainings- und Testdaten. Die Trainingsdaten zeigen dem Modell, wie zukünftige Daten gelabelt werden sollen. Die Testdaten bewerten anhand des Algorithmus der Trainingsdaten die Entwürfe. Die Sternebewertung diente demnach als Label für das Training, während die Testdaten unbewertet blieben, um die Modellgüte zu überprüfen (detailliert in Kap. 3.4.3 beschrieben).

In der Tab. 11 ist ein Ausschnitt der gelabelten Bewertungsmatrix dargestellt. Der vollständige Datensatz mit allen 100 Entwürfen befindet sich im Anhang (siehe Anhang A.3). Da die Reduzierung auf 13 Kriterien erst im Schritt der Modelloptimierung stattfand, sind in der Bewertungsmatrix (Tab. 11) alle 15 Kriterien dargestellt. Die Tabelle 10 zeigt die Übersicht der Kriterien mit ihren Kriteriennummern:

Kriteriennummer	Kriteriename
K001	Nutzungmischung
K002	Zukunftsfähige Mobilität
K003	Anteil Grünflächen
K004	Einbettung in die Umgebung
K005	Lärmschutz
K006	Erhalt Bestandsgebäude
K007	Anteil PV-Anlagen
K008	Nutzungsvielfalt Freiflächen
K009	Zugang Wasser
K010	Entsiegelung
K011	Rettungswege
K012	Dachbegrünung
K013	Erhalt Baumbestand
K014	Abstandsflächen
K015	Zonierung Freiflächen

Tab. 10: Bewertungskriterien und deren Nummerierungen, eigene Darstellung

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Tab. 11: Ausschnitt der gelabelten Bewertungsmatrix (vollständige Tabelle im Anhang A.3), eigene Darstellung

	K001	K002	K003	K004	K005	K006	K007	K008	K009	K010	K011	K012	K013	K014	K015	Anzahl Sterne
E001	NA	3	0,45	1,5	2	0,2	0	3	0	-0,4	1	0	0,5	1	1	2
E002	NA	4	0,35	2	2	0	0,4	2	0	0,1	1	0,4	0,3	1	1	3
E004	8	3	0,2	2	2	0,35	0	2	0	0,2	1	0	0,2	1	1	3
E007	7	5	0,3	1,5	2	0,3	0	3	0	0,15	1	0	0,15	1	1	3
E008	6	4	0,35	1,5	2	0,2	0	2	0	-0,2	1	0	0,3	1	0	2
E009	NA	3	0,45	2	2	0	0	3	0,5	NA	1	0,15	0	0,5	1	1
E010	2	3	0,5	1,5	2	0	0,3	3	0	NA	1	0	0,7	1	1	2
E013	3	4	0,35	1,5	2	0	0	2	0	0,3	1	0,15	0,6	1	1	3
E014	9	4	0,2	1,5	2	0,2	0	7	2	0,2	1	0,2	0,1	1	1	4
E015	NA	2	0,4	2	2	0,1	0,05	3	0	0,3	1	0,7	0,8	1	1	3
E017	NA	3	0,2	2	2	0	0	1	2	-0,1	1	0	0,2	1	0	2
E018	NA	3	0,6	1	2	NA	0,1	7	0	NA	1	0,2	NA	1	1	2
E019	NA	2	0,5	2	2	0	0	3	2	0,5	1	0	0,8	1	1	4
E020	4	2	0,6	1,5	1	0,5	0,35	4	0	-0,3	0,6	0,6	0,6	1	1	2
E021	NA	3	0,4	1,5	1	0	0	3	0	0,15	1	0,8	0,1	1	1	2
E022	3	NA	0,5	2	2	0,05	0,35	2	1,5	-0,5	1	0,4	0,2	1	1	3
E023	NA	5	0,1	2	2	0	0	1	0	0,2	0,7	0	0,8	1	1	2
E024	5	3	0,25	2	2	0,5	0,15	3	2	0,2	1	0,3	0,3	1	1	4
E025	5	3	0,5	1,5	2	0,15	0	4	NA	-0,3	1	0	0,3	1	1	2
E026	NA	5	0,6	2	2	0	0	4	2	NA	1	0	NA	1	1	3
E027	NA	4	0,6	1,5	2	0,05	0	2	2	0,3	1	0,85	0,6	1	1	4
E029	6	5	0,45	1,5	2	0,5	NA	3	2	0,4	0,6	0,2	0,85	NA	1	3
E030	NA	3	0,4	1,5	2	0,15	0	2	2	NA	0,5	0,8	NA	1	1	2
E031	NA	4	0,15	2	1,5	0,3	0	0	0	0,2	0,7	0	1	1	0	1
E032	NA	2	0,6	1,5	1	0	0	1	0	-0,6	1	0	1	1	1	1
E033	NA	3	0,6	2	1,5	0,05	0	5	1,5	-0,3	1	0,4	0,7	1	1	3
E034	2	2	0,2	2	2	0	NA	1	2	0	1	0,3	0,5	1	1	3
E035	NA	2	0,3	1,5	2	0	0	1	0	0,2	1	0	0,1	1	0	1
E036	11	4	0,6	2	2	0	0,1	4	1,5	0,3	1	0,6	0,3	1	1	5
E037	6	2,5	0,5	2	2	0,6	0,2	3	1,5	-0,2	1	0,3	NA	1	1	4
E038	9	4	0,5	1,5	2	NA	0	4	2	NA	1	0,25	NA	1	1	3
E039	NA	4,5	0,7	2	1,5	0	NA	5	2	0,5	1	0	0,9	1	1	4
E040	NA	3	0,5	2	2	0,5	0	3	0	0,3	1	0,1	0,8	1	1	3
E041	5	3	0,25	2	1,5	0,45	0	2	1	0,2	1	0	1	1	1	3
E042	5	4	0,4	1	2	0	0	3	0	0,3	1	0	0,6	1	1	2
E043	NA	3	0,35	1,5	1,5	0,35	NA	4	1,5	0,2	1	0,2	0,85	1	1	3
E044	3	2,5	0,6	2	2	0	NA	3	0	0	1	0	0,25	1	1	2
E045	NA	2	0,45	1	2	0,1	0	2	0	0,4	1	0	0,85	1	1	2
E046	NA	2	0,4	2	2	0,4	0	2	0	0,25	1	0	0,9	1	1	3
E047	NA	3	0,4	2	1,5	0,7	0	2	2	0,1	1	0	0,8	1	0	3
E048	3	3,5	0,6	2	2	0,5	0	5	2	-0,2	1	0	0,3	1	1	4
E049	1	1,5	0,85	2	1	0,1	0	0	1	0,1	1	0	NA	1	0,5	1

3.4 Implementierung & technische Umsetzung

In diesem Kapitel wird der Aufbau und die Entwicklung des ML-Modells, genauer RF-Modells, zur Bewertung der städtebaulichen Entwürfe erklärt. Dazu werden im Folgenden die technischen Umgebungen, die Programmlogik, die Optimierung des Modells und die Benutzeroberfläche dargestellt.

3.4.1 Technische Umgebung

Im nachstehenden Kapitel werden die eingesetzten technischen Werkzeuge im Überblick dargestellt, wobei der Fokus auf der Programmiersprache, der Software, den Bibliotheken und der Infrastruktur liegt.

Programmiersprache & Entwicklungsumgebung

Als zentrale Programmiersprache wurde Python in der Version 3.13 verwendet. Python bietet als offene, frei verfügbare Programmiersprache eine große Auswahl an Bibliotheken an und ist leicht integrierbar in externe Tools und Formate, wie bspw. Shape-Dateien und Excel-Tabellen.

Als Entwicklungsumgebung für die Entwicklung der Python-Skripte diente PyCharm Community in der Version 2025.1, in der alle Skripte isoliert erarbeitet werden konnten.

Verwendete Python-Bibliotheken

Folgende Python-Bibliotheken wurden genutzt:

Bibliothek	Funktion/Aufgabe	Eingesetzt in…
pandas	Tabellenverarbeitung, Datenmanagement, Excel-Export	Bewertungsmatrix, Modell-Input/-Output
geopandas	Verarbeitung von Geodaten (.shp), GIS-Analysen	Digitalisierung, Kriterienbewertung
numpy	numerische Berechnungen, NaN-Handling	Kriterienberechnung, Normierung
scikit-learn	Modelltraining, Random Forest, Vorhersage	Modellbau, Sterne-Klassifikation (Vorhersage)
joblib	Speichern und Laden von ML-Modellen	Laden des Random-Forest-Modells
openpyxl	Lesen & Schreiben von Excel-Dateien (.xlsx)	Excel-Schnittstelle
streamlit	Aufbau Web-Interface (GUI)	Benutzeroberfläche zur Anwendung
zipfile	Entpacken von ZIP-Dateien	Upload im Streamlit-Tool
tempfile	Erzeugen temporärer Arbeitsverzeichnisse	Upload-Handling in Streamlit

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Bibliothek	Funktion/Aufgabe	Eingesetzt in…
os	Dateiverwaltung (Pfade, Ordner)	Dateizugriff
shutil	Ordneroperationen (kopieren/löschen)	Bereinigung temporärer Daten
glob	rekursive Dateisuche	Laden der Shape-Layer
sys	Übergabe von Parametern	Ausführen von Skripten
subprocess	Starten externer Prozesse	GUI-Integration der automatisierten Kriterienberechnung
shapely	Geometrische Berechnung (z.B. Buffer, Overlay)	Kriterienberechnung

Tab. 12: Verwendete Python-Bibliotheken zur Erstellung der digitalen Jury, eigene Darstellung

GIS-Software

Für die Digitalisierung und Georeferenzierung des Beispielentwurfes und der Behandlung der GIS-Daten wurde die Open-Source-Software QGIS in der Version Desktop 3.42.1 Münster verwendet.

Streamlit

Streamlit erzeugt das GUI (Graphical User Interface), die Benutzeroberfläche für die digitale Jury. Streamlit wurde als Python-Framework integriert und ermöglicht eine browserartige Anwendung direkt aus Python heraus, da es über GitHub online gehostet wird. Ohne zusätzliche Webtechnologien kann eine Web-App zur Bewertung aufgebaut werden. Die Funktionalität der Anwendung wird in Kapitel 3.4.5 detailliert erläutert.

GitHub als Repository

GitHub dient als Repository, auf das Streamlit zugreifen kann. Um die Streamlit-App online nutzbar zu machen, wurde ein öffentliches Repository „Die-digitale-Jury“ erstellt, in dem die Skripte und das fertig trainierte RF Modell als .pkl (pickle)-Datei abgelegt wurden.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

3.4.2 Programmlogik – Inhalt & Struktur

In diesem Kapitel werden die interne Funktionsweisen und logische Struktur des Modells dargestellt und veranschaulicht, wie die einzelnen Komponenten (Skripte, Daten, Modell) zusammenarbeiten. Als Grundlage dafür fungierte die manuell ausgefüllte Bewertungsmatrix (siehe Anhang A.3), um das RF-Modell zu trainieren. Das Ziel der digitalen Jury ist es, städtebauliche Entwürfe selbstständig bewerten und abschließend eine Sternebewertung abgeben zu können.

Die Datenverarbeitung, das Modell und die Benutzeroberfläche wurden in unterschiedlichen Skripten entwickelt, um die einzelnen Teile unabhängig voneinander aktualisieren, testen oder ersetzen zu können. Im Wesentlichen ist das Skript app.py für die Streamlit-Oberfläche zuständig, shpVerknüpfung.py berechnet die Kriterien und final_RF_model.pkl ist das RF-Bewertungsmodell, welches abschließend die Sternebewertung durchführt.

Im Folgenden werden die einzelnen Komponenten genauer erläutert. Angefangen mit dem **app.py**-Skript, welches den gesamten Ablauf des Modells steuert und die Weboberfläche inklusive Titel, Beschreibungen und Anleitung mit streamlit für die Nutzenden definiert. App.py extrahiert temporär die vom Nutzenden zur Verfügung gestellten Daten und prüft, ob alle Layer und deren Attribute vollständig vorhanden sind. Nach der Überprüfung wird via *subprocess* das **shpVerknuepfung.py**-Skript aufgerufen und durchgeführt, welches die 13 zuvor festgelegten Kriterien in Einzelfunktionen berechnet, indem erst die Shape-Layer eingelesen und anschließen automatisch berechnet werden (die genaue Bemessung der Kriterien anhand der Shape-Layer wurde im Kapitel 3.3.2 dargestellt). Fehlende Werte (NaN-Werte) werden wie 0 gewertet (Zero-Fill), da *scikit-learn* keine leeren Werte akzeptiert (die genaue Herleitung dieser Methode wird im Kapitel 3.4.3.3 erläutert). Es können nur die Layer und Attribute mit den exakt gleichen Namen, wie im Kapitel 3.3.1 dokumentiert, erkannt und weiterverarbeitet werden. Den Nutzenden wird eine Warnung angezeigt, welche Layer und ggf. Attribute nicht vorhanden sind. Um alle Kriterienwerte zu speichern, wird zu Beginn vom shpVerknüpfung.py-Skript ein leeres Dictionary (k = {}) verwendet, in das die berechneten Kriterien nach und nach eingetragen werden. Abschließend werden die Kriterienbewertungen in einem temporärem Ordner (DataFrame) gespeichert und als Input für das RF-Modell verwendet, welches durch app.py abgerufen wird. Das trainierte RF-Modell (**final_RF_model.pkl**) greift auf diese Tabelle zu und vergibt den neuen Entwürfen die Sternebewertungen (1-5), welche den Entwürfen zugeordnet wird. Abschließend können die Nutzenden die Kriterienbewertungen als Excel-Datei downloaden. Dieses Zusammenspiel der Weboberfläche, der Analyse und der Automatisierung für Bewertung bildet die technische Basis für die digitale Jury. Die vollständigen Python-Skripte sowie das Skript zur Erstellung des trainierten Modells sind im Anhang B.1 - B.3 dokumentiert.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Die einzelnen Komponenten greifen in einer festen Reihenfolge ineinander. Der genaue Ablauf wird in dem folgenden Prozessdiagramm (Abb. 8) nochmals zur Übersicht veranschaulicht.

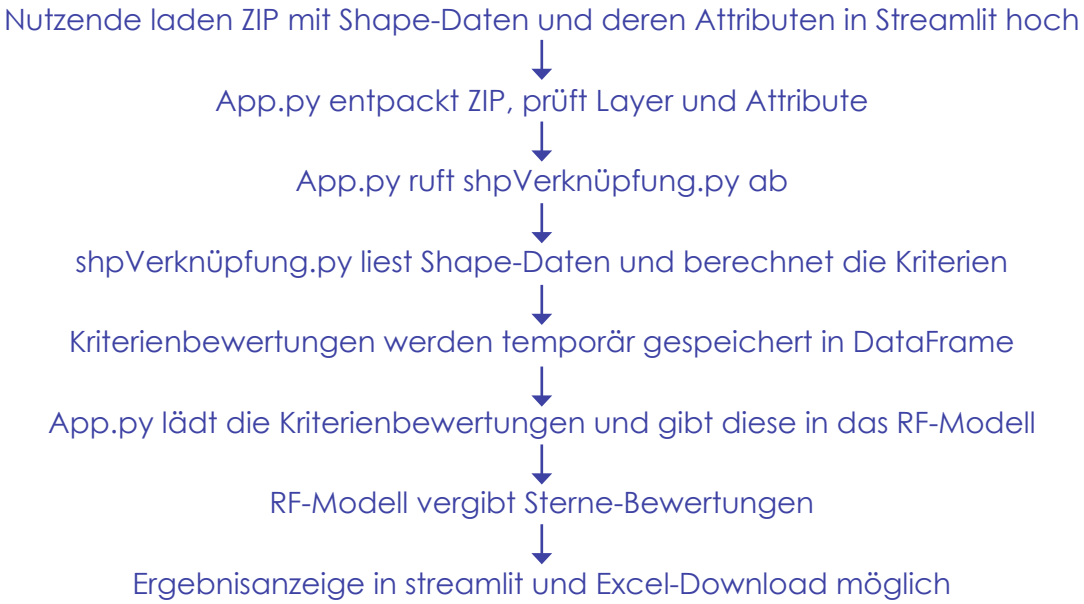

Abb. 8: Toolchain-Diagramm zum Ablauf des Programms, eigene Darstellung

3.4.3 Modellgenauigkeit & Optimierung

Im folgenden Kapitel wird Schritt für Schritt erklärt, wie die höchste Genauigkeit des Modells erreicht wurde, damit das RF-Modell möglichst präzise Vorhersagen der Sternebewertungen treffen kann. Dazu wurden unterschiedliche Parameter getestet, Validierungsmethoden angewendet und die Modellleistung anhand von gängigen Metriken beurteilt. Die Ergebnisse der jeweiligen Optimierungsmethoden flossen unmittelbar in die nachfolgenden Anpassungen. Daher wurden die jeweiligen Ergebnisse im Anschluss dargestellt, um den Verlauf der Optimierung nachvollziehbar zu gestalten.

3.4.3.1 Trainings- und Testdatensatz

Die Bewertungsmatrix wurde in Trainings- und Testdaten unterteilt. Die Trainingsdaten (75 % der Entwürfe) dienten dazu, dem Modell Zusammenhänge zu trainieren, die zwischen den Kriterien und den Sternebewertungen entstehen und die Muster zu erlernen. Die Testdaten (25 % der Entwürfe) dienten dazu, die gelernten Muster und Zusammenhänge anzuwenden.

Um die Accuracy zu prüfen, also wie viele und welche Sterne richtig vorhergesagt wurden, wurde die manuelle Sternebewertung, die als „Ground Truth" diente, herangezogen. Die Sternebewertungen des RF-Modells wurden mit der manuellen Sternevergabe verglichen. Je mehr Übereinstimmungen bei den Sternevergaben existierten, desto größer war die Accuracy.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

3.4.3.2 Anpassung der Bewertungsmatrix

Damit das Modell alle Sternebewertungen trainieren kann, bzw. alle Werte in den Testdaten vorhanden sind und alle vorausgesagt werden können, wurde geprüft, wie oft welcher Stern jeweils in den Trainings- und Testdaten vorkam. Dies wurde mit Hilfe der value_counts() Funktion in pandas über PyCharm überprüft. Als Dateninput diente die komplett gefüllte Bewertungsmatrix mit der Ground Truth (siehe Anhang A.4).

Anzahl Sterne	Anzahl (Training)	Anzahl (Test)
1	8	0
2	23	4
3	27	10
4	14	9
5	3	2

Tab. 13: Anzahl der Sternebewertungen in den Trainings- und Testdaten, eigene Darstellung basierend auf dem Ergebnis des Skriptes Sterne_Verteilung (Anhang B.4) als Input: Anhang A.3

Wie aus der Tab. 13 abzuleiten, war auffällig, dass es in den Testdaten keine 1-Stern-Bewertung gab und somit die Fähigkeit die „1“ vorherzusagen nicht geprüft wurde. Aufgrund des häufigen Auftretens der 3-Sterne-Entwürfe in den Testdaten erfolgte ein Austausch von zwei Entwürfen mit 3 Sternen sowie einen Entwurf mit 4 Sternen aus den Testdaten mit drei 1-Stern-Bewertungen der Trainingsdaten. Genau genommen wurden die Entwürfe E090, E095 und E097 mit den 1-Stern-Entwürfen E031, E049, E075 getauscht. Durch diese gleichmäßige Verteilung war es möglich, alle Sternebewertungen zu trainieren.

Nach dem Tausch der Entwürfe waren demnach alle Sternebewertungen sowohl in den Trainings- als auch in den Testdaten vorhanden:

Anzahl Sterne	Anzahl (Training)	Anzahl (Test)
1	5	3
2	23	4
3	29	8
4	15	8
5	3	2

Tab. 14: Anzahl der Sternebewertungen in den Trainings- und Testdaten nach der manuellen Umverteilung, eigene Darstellung basierend auf dem Ergebnis des Skriptes Sterne_Verteilung (Anhang B.4) als Input: Anhang A.5

Die angepassten Trainings- und Testdaten wurden anschließend in die Bewertungsmatrix überführt und dienten als Datengrundlage für die weitere Bearbeitung (siehe Anhang A.5).

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

3.4.3.3 Umgang mit NAN-Werten

Fehlende Werte, bzw. NaN (Not a Number)-Werte[7], traten bei nicht messbaren oder ablesbaren Kriterien auf oder wenn der dazu entsprechende Layer oder das Attribut fehlten. Da das Random-Forest-Modell allerdings numerische Werte benötigt, wurden verschiedene Imputationsstrategien getestet. Dazu wurden die Methoden Median und Zero-Fill getestet und miteinander verglichen.

Bei der Median-Imputation wurden die NaN-Wert durch die Medianwerte der jeweiligen Spalte ersetzt. Die Zero-Fill Methode ersetzte die NaN-Werte durch eine 0 und trifft somit keine Annahmen für den fehlenden Wert. Der Wert wird so behandelt, als wäre dieses Kriterium nicht erfüllt.

Vergleich der Methoden:

Die Bewertungsmatrix mit allen Kriterien (K001-K015) wurde eingelesen und in Trainings- und Testdaten unterteilt, wie oben beschrieben (siehe Kapitel 3.4.3.1). Anschließend wurde das Modelltraining mit RandomForestClassifier aus scikit-learn mit einer Hyperparameter-Schleife durchgeführt. Je Methode wurden ebenfalls die optimalen Parameter für das RF-Modell ermittelt. Die Kombination mit der höchsten Accuracy wurde automatisch verwendet. Die Hyperparameter-Schleife wird im Kapitel 3.4.3.5 genauer erläutert. Die Ergebnisse beider Methoden wurden in der Tab. 15 zum Vergleich dargestellt.

Methode	Accuracy (%)	Beste Parameter
Median	72	n_estimators=21, max_depth=6, seed=2
Zero-Fill	68	n_estimators=8, max_depth=6, seed=9

Tab. 15: Accuracy und beste Parameter von Zero-Fill und Median im Vergleich, eigene Darstellung basierend auf dem Ergebnis des Skriptes medianvszero_alleK.py (Anhang B.5)

Auch wenn die Median-Imputation eine höhere Accuracy erbrachte, wurde zunächst die Zero-Fill Methode in der weiteren Vorgehensweise untersucht, da es sich um ein robustes, schnelles und praxistaugliches Verfahren handelt, bei dem keine Werte von anderen Werten übernommen werden und somit nicht zu Verzerrungen der Werte führen. Auch ist durch das Einsetzen mit einer 0 direkt sichtbar, welche Kriterien erfüllt und nicht erfüllt wurden bzw. nicht nachgewiesen werden konnten. Aufgrund dieser genannten Gründe, wurde auf weitere Untersuchungen mit der Median-Imputation verzichtet, da eine Verbesserung der Accuracy auf Kosten der inhaltlichen Aussagekraft gegangen wäre.

7 Fehlende Werte werden in Excel als NA gekennzeichnet (wie oben verwendet). In der Datenverarbeitung mit Python entsprechen diese den NaN-Werten und kennzeichnen numerische Felder ohne gültigen Eintrag

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

3.4.3.4 Feature-Selection

Nachdem Zero-Fill die geeignetste Methode für das Modell war, wurde überprüft welche der Kriterien einen relevanten Beitrag zur Modellgüte leisten. Im Vordergrund stand dabei die Frage, ob die Anzahl und Zusammensetzung der Merkmale die Modellgenauigkeit des Modells beeinflussen. Zu dieser Überprüfung kamen zwei Ansätze zum Einsatz: Die Analyse der Feature-Importance und die Auswertung der NaN-Anteile. Beide Verfahren wurden mit dem gleichen Datensatz und identischen Hyperparametern getestet, um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten.

Feature-Importance

Zunächst erfolgte die Ermittlung des Einflusses jedes Kriteriums auf die Sternevorhersage mit der Funktion feature_importances aus dem Random_Forest_Classifier. Kriterien, die ein sehr geringes Gewicht auf das Modell hatten, wurden schrittweise aussortiert, um die Auswirkungen zu beobachten. Die Resultate zeigten, dass ein Kriterium (K014) keinerlei Relevanz für das Modell hatte (siehe Tab. 16), während der Ausschluss weiterer Kriterien zu keiner Verbesserung führten. Die Auswertungen wurden mittels Python durchgeführt. Die zugehörigen Skripte sowie die vollständigen Zwischenergebnisse der Feature-Importance sind im Anhang B.6 und B.7 dokumentiert.

Kriterium	Wichtigkeit
K008	0,13846758
K010	0,102781654
K009	0,101989981
K004	0,083173412
K012	0,079326158
K013	0,077384879
K006	0,076130952
K005	0,075245493
K003	0,068549626
K002	0,066192756
K015	0,054299834
K007	0,037152634
K011	0,021166228
K001	0,018138813
K014	0

Tab. 16: Feature-Importance der Bewertungskriterien, eigene Darstellung basierend auf dem Ergebnis des Sriptes medianvszero_alleK.py (Anhang B.5)

NaN-Anteil

Da das Entfernen von „unwichtigen" Kriterien allein nicht die gewünschte Accuracy erbrachte, wurde im Anschluss überprüft, ob die Kriterien mit den höchsten

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Fehlerraten (bzw. höchsten NaN-Werte-Raten) einen Einfluss auf die Accuracy haben. Zu diesem Zweck wurde die Verteilung der NaN-Werte pro Kriterium gemessen (siehe Anhang B.6). Diese Untersuchung ergab, dass K001 einen sehr hohen Anteil (40 %) an NaN-Werten besaß, was fast der Hälfte entspricht. Dieses Kriterium wurde testweise aus dem Modell entfernt, wodurch die Accuracy anstiegt. Durch weiteres Ausschließen von Kriterien konnte jedoch keine Erhöhung der Accuracy erlangt werden.

Ergebnisse der Feature Selection

Die Kombination beider Verfahren ergab, dass ein Verzicht von zwei Kriterien (K001 und K014) die Accuracy des Modells erhöhen konnte. Alle anderen Kriterien trugen zur Stabilität des Modells bei. Somit ließ sich die Accuracy insgesamt auf von anfangs 64 % auf 76 % erhöhen. Eine Übersicht von den Ergebnissen der einzelnen Zwischenanalysen sind der Tab. 17 zu entnehmen:

Variante	Klassen	Auswahl Kriterien	Accuracy
Median-Fill	5 Sterne	alle 15 Kriterien	72 %
Zero-Fill	5 Sterne	alle 15 Kriterien	64 %
Zero-Fill	5 Sterne	14 Kriterien (K014 entfernt)	72 %
Zero-Fill	5 Sterne	13 Kriterien (K011 & K014 entfernt)	72 %
Zero-Fill	5 Sterne	12 Kriterien (K011, K014, K009 entfernt)	64 %
Zero-Fill	3 Sterne[8]	alle 15 Kriterien	80 %
Zero-Fill	**5 Sterne**	**13 Kriterien (K001 & K014 entfernt)**	**76 %**
Zero-Fill	5 Sterne	12 Kriterien (K001, K013 & K014 entfernt)	64 %

Tab. 17: Übersicht der erreichten Accuracy mit verschiedenen Parametern, eigene Darstellung

Die Auswertungen wurden mittels Python durchgeführt. Alle verwendeten Skripte sowie die vollständigen Zwischenergebnisse sind im Anhang B.6 und B.7 dokumentiert.

3.4.3.5 Hyperparameter Tuning

Das Ziel war es, für den Modelltyp *RandomForestClassifier* die optimale Hyperparameterkombination zu finden. Die Schleife mit der Hyperparameter-Suche wurde bereits in den vorherigen Schritten angewendet und wird in diesem Kapitel genauer erläutert.

8 siehe Kap. 3.4.3.6

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Es wurde eine Tuning-Schleife in Form von einer verschachtelten for-Schleife erstellt. Mit clf.fit(X_train_z, y_train) wurde das Modell trainiert, mit clf.predict(X_test_z) vorhergesagt und mit accuracy_score(y_test, preds) die Accuracy bewertet. Mit Hilfe dieser Schleife konnten die optimalen Hyperparameter herausgefunden werden. Dabei wurde pro Hyperparameter eine Spanne der möglichen Werte eingegeben. Die Schleife ist alle möglichen Kombinationen durchgegangen und hat jene mit der höchsten Genauigkeit gewählt.

Folgende Parameter und deren Suchspannen des RF-Modells wurden getestet und optimiert:

max_depth: Tiefe der Entscheidungsbäume, 2-19

n_estimators: Anzahl der Entscheidungsbäume, 5-24 Bäume

random_state: Reproduzierbarkeit der Ergebnisse, 0-4

Für jede Baumzahl wird demnach jede Baumtiefe getestet. Dies wird 5 mal mit unterschiedlichen Zufallstarts (random_state) wiederholt, um zu testen, ob das Ergebnis vom Zufall abhängt oder stabil ist. Das ergibt 1.800 Kombinationen, die das Modell durchläuft und somit getestet und trainiert wird. Der Code der Hyperparameter-Schleife ist im Anhang B.3 dargestellt.

3.4.3.6 Reduzierung der Sterne

Ein weiterer Ansatz zur Steigerung der Accuracy des Modells war das Einführen von einer **3 Sternebewertung**. Somit ist jede Sternebewertung häufiger vertreten und dadurch auch besser trainierbar.

Der Test hat eine Erhöhung der Accuracy um 4 % ergeben. Allerdings würde die Komplexität des Modells durch die 3 Sterne enorm eingeschränkt werden. Aus diesem Grund wurde die Sternebewertung bei 5 Sternen belassen, da die Steigerung um 4 % den Verlust der Komplexität nicht ausgleicht.

3.4.4 Finale Parametrierung des Modells

Das Zusammenspiel aus verschiedenen Parametern hat letztendlich zu einem Ergebnis von einer Genauigkeit von 76 % geführt (siehe Tab. 18). Die finalen Parameter ergeben sich aus den zuvor beschriebenen Optimierungen des Modells. Welche Parameter genau gewählt wurden, wird folglich dargestellt:

Finale Parameter:

- n_estimators=11, max_depth=12, seed=1
- Imputationsstrategie: Zero-Fill
- Ausgeschlossene Kriterien: K001, K014 (K001 mit der höchsten NaN-Werterate und K014 mit der niedrigsten Wichtigkeit für das Modell)
- Umgang mit NaN: Zero-Fill
- 5 Sterne
- Gleichverteilung der Werte (manuelle Verteilung der Sterne in den Trainings- und Testdaten)

Das RF-Modell mit diesen Parametern wurde als pickle-Datei abgespeichert und für die digitale Jury verwendet.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Tab. 18: Ausschnitt der finalen Bewertungsmatrix mit den Modell gesetzten Sternebewertungen mit einer Accuracy von 76 % (vollständige Tabelle im Anhang A.6), eigene Darstellung

	K002	K003	K004	K005	K006	K007	K008	K009	K010	K011	K012	K013	K015	Anzahl Sterne	Manuelle _Sterne
E078	1	0,5	2	2	0	0	3	1	-0,5	1	0,4	1	1	3	
E079	3	0,65	2	2	0	0,4	3	0,5	0,3	1	0,4	0,9	1	4	
E080	2	0,5	1	1,5	0,2	0	3	0	0,2	1	0	0,9	1	2	
E081	2	0,4	2	1,5	0	0	2	0	0,4	1	0,2	0,7	1	2	
E082	4	0,65	2	1,5	0	0	3	0	-0,5	1	0,85	0,9	1	3	
E083	3	0,65	1,5	2	0	0	7	0	-0,35	1	0,9	0,85	1	4	4
E084	4	0,7	1,5	1,5	0,25	0	5	0,5	-0,25	1	0,2	0,75	1	4	3
E085	2	0,5	2	2	0	0,85	4	0	0,2	1	0,9	0,7	1	4	4
E086	4	0,7	2	2	0,2	0,7	4	1	-0,3	1	1	0,65	1	5	5
E087	5	0,45	1,5	2	0	0	3	2	0,5	1	0,35	1	0,5	2	4
E088	4	0,65	2	1,5	0	0,4	4	1	-0,4	1	0,4	0,5	1	3	3
E089	4	0,45	2	2	0	0,6	1	0,5	0,4	1	1	0,9	1	4	4
E075	1,5	0,5	1	1	0	0	1	0	-0,4	1	0,5	1	1	1	1
E091	5	0,65	2	2	0,15	0	5	2	-0,3	1	0	0,85	1	4	4
E092	4,5	0,5	2	2	0	0	3	0	0,25	1	0,15	0,9	1	3	3
E093	3	0,6	2	2	0,3	0,25	0	1	-0,2	1	0,35	0	0,5	2	2
E094	3,5	0,65	2	2	0	0	4	2	-0,4	1	0,1	0,95	1	4	4
E049	1,5	0,85	2	1	0,1	0	0	1	0,1	1	0	0	0,5	3	1
E096	4	0,5	2	2	0,5	0	4	0	-0,5	1	0	0,3	1	3	3
E031	4	0,15	2	1,5	0,3	0	0	0	0,2	0,7	0	1	0	2	1
E098	4	0,5	1,5	1,5	0,15	0,3	3	0	-0,3	1	0	0,85	1	2	3
E099	3	0,6	2	2	0,05	0,75	5	2	-0,5	1	0,9	0,85	1	5	5
E100	3	0,65	1,5	2	0	0	4	2	-0,5	1	1	0,9	1	4	4
E101	3	0,6	1	1,5	0	0	3	1,5	-0,4	1	0,15	0,95	1	2	2
E102	2	0,3	2	2	0,4	0	3	1	0,3	1	0	0,9	1	3	3
E103	4	0,7	1,5	1,5	0	0	5	1	-0,3	1	0,25	1	1	3	3
E104	2	0,5	2	1,5	0,1	0,15	2	0	-0,4	1	0	0,6	1	2	2
E105	2	0,7	2	1,5	0,15	0	3	0	-0,2	1	0	1	1	3	3
E106	3	0,5	2	2	0,2	0,2	4	1,5	0,2	1	0,4	0,6	1	4	4
E107	2	0,2	1,5	1,5	0	0	2	0	0,4	1	0	1	0,5	3	2

3.4.5 Benutzeroberfläche

Die Benutzeroberfläche bildet eine Schnittstelle zwischen den Nutzenden und der digitalen Jury. Durch sie wird die Bewertung der städtebaulichen Entwürfe ohne Programmierkenntnisse ermöglicht und macht das trainierte Modell unmittelbar anwendbar. Die Benutzeroberfläche wurde mit dem Python-Framework Streamlit realisiert, wodurch die digitale Jury direkt im Webbrowser angewendet werden kann.

Das GitHub-Repository enthält alle relevanten Dateien, wie die Python Skripte (app.py, shpVerknuepfung.py) sowie das finale Modell als pickle-Datei. Das Repository und die online-Anwendung sind unter den folgenden Links abrufbar:

GitHub-Repository: **https://github.com/mareike-kluth/Die-digitale-Jury**

Online-Anwendung: **https://die-digitale-jury.streamlit.app/**

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Benötigte Dateien und Datenstruktur

Wichtig: In jeder Shapefile müssen die unten genannten **Spalten (Felder)** in der Attributtabelle korrekt vorhanden sein.
Jedes Objekt, wie z. B. ein Gebäude oder eine Fläche, ist dabei eine **Zeile** in der Attributtabelle.
Die **Layer-Namen**, **Spalten-Namen** und **Attributwerte** müssen **exakt** so geschrieben sein, wie unten angegeben. Beachte auch die Groß- und Kleinschreibung. Alle Dateien müssen in einem einheitlichen **Koordinatensystem** vorliegen. Achte darauf, dass sich die Geometrien innerhalb des Bewertungsgebiets **nicht überschneiden oder mehrfach vorkommen**. Überlagerungen, sowohl innerhalb eines Layers als auch zwischen verschiedenen Layern, können zu fehlerhaften Berechnungen führen, beispielsweise durch doppelt gezählte Flächenanteile oder unklare Abgrenzungen.

Verwende **korrekte, vollständige Geometrien** – leere oder fehlerhafte Layer führen zu unvollständigen Ergebnissen. Wenn ein Layer oder Attribut fehlt oder falsch benannt ist, kann das entsprechende Kriterium **nicht berechnet werden** und wird automatisch mit `0` bewertet.

Bitte stelle sicher, dass deine ZIP-Datei folgende Layer enthält (sofern vorhanden):

Layer	Benötigte Spalten
`Gebaeude.shp`	`Geb_Hoehe`
`Gebaeude_Umgebung.shp`	–
`Dachgruen.shp`	–
`PV_Anlage.shp`	–
`Verkehrsflaechen.shp`	`Nutzung` mit `Fuss_Rad`, `Kfz_Flaeche`, `Begegnungszone`
`Verkehrsmittellinie.shp`	–
`oeffentliche_Gruenflaechen.shp`	`Nutzung`
`private_Gruenflaechen.shp`	–
`oeffentliche_Plaetze.shp`	–
`Wasser.shp`	–
`Baeume_Entwurf.shp`	–
`Bestandsbaeume.shp`	–
`Bestandsgruen.shp`	–
`Gebietsabgrenzung.shp`	–

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

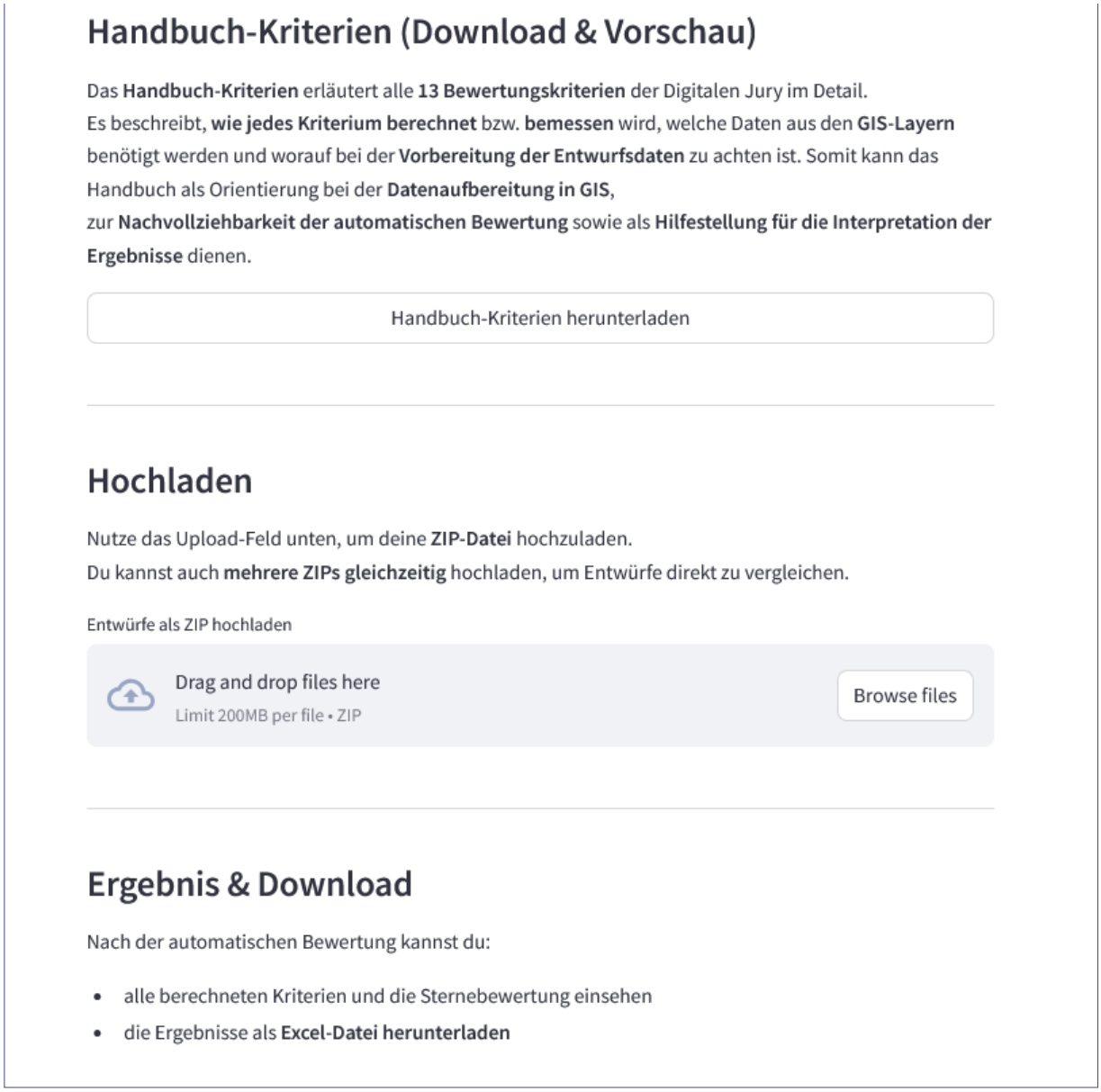

Abb. 9: Startansicht der digitalen Jury, Screenshot von https://die-digitale-jury.streamlit.app/

Die Abb. 9 veranschaulicht den Startbildschirm der Anwendung. Im oberen Bereich befindet sich eine kurze Anleitung der Anwendung der digitalen Jury und was bei der Vorbereitung der Daten zu beachten ist. Dabei werden alle benötigten Layer und deren Attribute aufgelistet. Zur Hilfestellung für die Datenaufbereitung und Interpretation der Ergebnisse steht ein Handbuch zum Download zur Verfügung, welches die Bemessungen der jeweiligen Kriterien im Detail erklärt (siehe Kap. 3.3.2).

Anschließend können ein oder mehrere Entwürfe gleichzeitig per ZIP-Datei hochgeladen werden, wodurch die digitale Jury automatisch mit der Auswertung und Sternevergabe beginnt.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

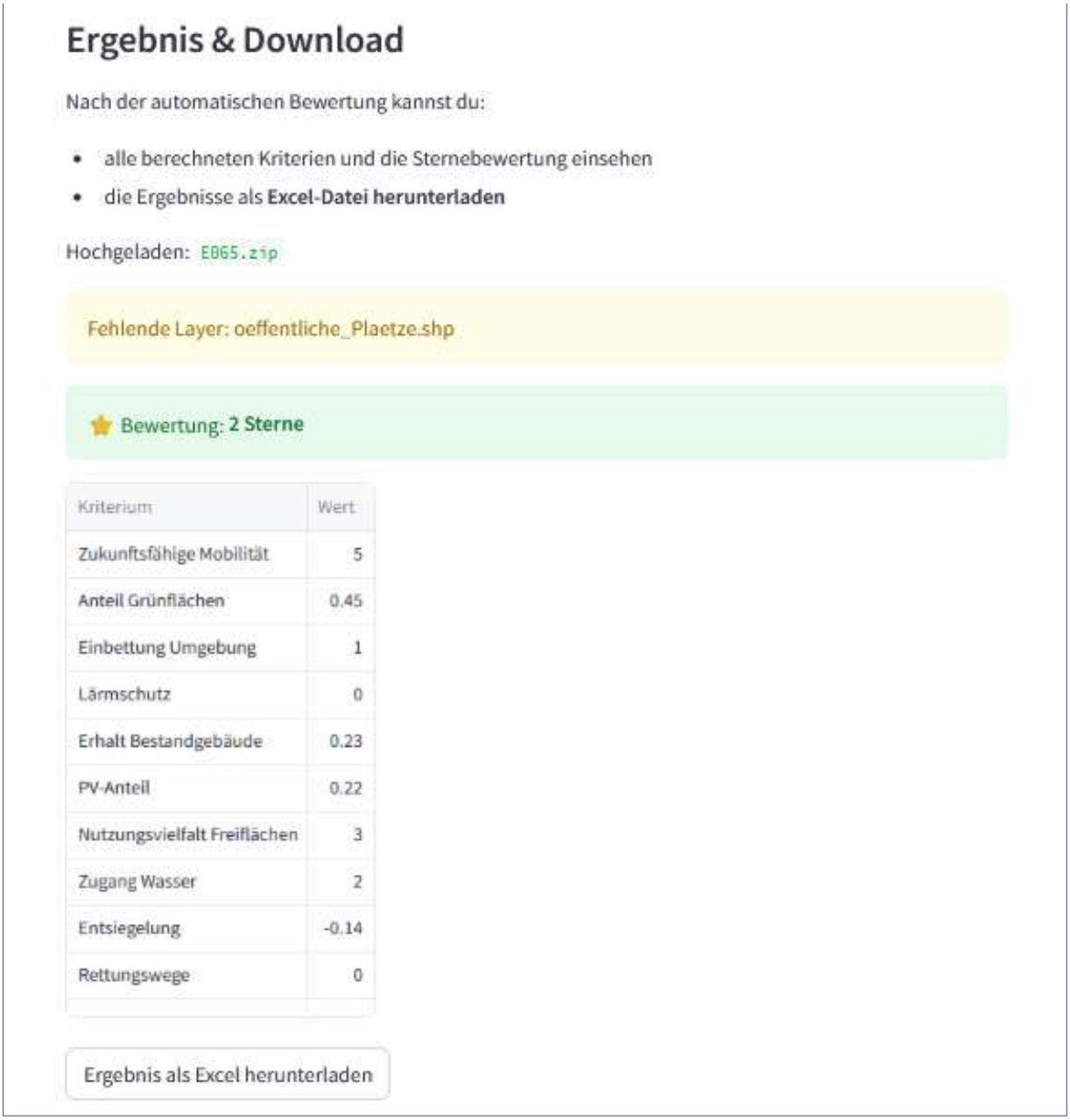

Abb. 10: Ergebnisansicht der digitalen Jury, Screenshot von https://die-digitale-jury.streamlit.app/

Während der Bewertung erfolgt eine Überprüfung auf das Vorhandensein aller Layer und gibt eine Meldung beim Nicht-Vorhandensein der Layer. Anschließend wird innerhalb weniger Sekunden eine Sternebewertung vergeben sowie die jeweiligen Bewertungen der Kriterien angezeigt. Diese Bewertungen stehen ebenfalls zum Download einer Exceltabelle zur Verfügung. In der Abb. 10 wurde dies am Beispielentwurf E065 demonstriert.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

3.5 Anwendungsbeispiel der digitalen Jury - Hamburg Holstenareal

Um die Anwendung der digitale Jury zu testen und zu veranschaulichen, wurden zwei Entwürfe des Holstenareals in Hamburg verglichen. Bei den zwei Entwürfen handelt es sich zum einen um den Masterplan des Quartiers (Stadt Hamburg, o.J.), welcher im Rahmen eines städtebaulichen Wettbewerbes gewonnen hat, und zum anderen um den Entwurf von Lea Odparlik (2025 [im Druck]), der im Rahmen ihrer Diplomarbeit an der TU-Wien mit Hilfe von KI-Tools erstellt wurde. Der Vergleich der beiden Entwürfe fand mittels der digitalen Jury statt.

3.5.1 Datenaufbereitung

Um die digitale Jury verwenden zu können, müssen die entsprechenden Daten in Form von Vektordateien vorliegen. Da der Lageplan des Masterplans lediglich als Bilddatei vorlag, wurde im ersten Schritt der Masterplan (Stadt Hamburg, o.J.) digitalisiert, bzw. manuell in QGIS nachgezeichnet (die benötigten Layer sind in Kap. 3.3.1 aufgelistet). Die jeweiligen Flächen der benötigten Layer wurden zugeteilt, sofern diese vorhanden waren. In der folgenden Tabelle wird auf die Vollständigkeit der Layer und Attribute beider Entwürfe überprüft.

Layername	Attribute	Odparlik	Masterplan
Gebaeude.shp	Geb_Hoehe	ja	ja
Gebaeude_Umgebung.shp	-	ja	ja
Dachgruen.shp	-	ja	ja
PV_Anlage.shp	-	ja	nein
Verkehrsflaechen.shp	Nutzung mit Fuss_Rad, Kfz_Flaeche, Begegnungszone	 ja ja nein	 ja ja ja
Verkehrsmittellinie.shp	-	ja	ja
oeffentliche_Gruenflaechen.shp	Nutzung	ja	ja
private_Gruenflaechen.shp	-	ja	ja
oeffentliche_Plaetze.shp	-	ja	ja
Wasser.shp	-	nein	ja
Baeume_Entwurf.shp	-	ja	ja
Bestandsbaeume.shp	-	nein	nein
Bestandsgruen.shp	-	(ja)	(ja)
Gebietsabgrenzung.shp	-	ja	ja

Tab. 19: Datencheck: Vollständigkeit der Layer und Attribute der Entwürfe, Masterplan (Stadt Hamburg, o.J.) und Odparlik (2025 [im Druck])

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Bei der Digitalisierung des Masterplan-Entwurfes war auffällig, dass die Layer PV-Anlagen und Bestandsbaeume fehlten. Insgesamt ergab sich die Einteilung der Flächen wie in der Abb. 11 dargestellt.

Abb. 11: Masterplan Holsten Areal digitalisiert mit QGIS, eigene Darstellung basierend auf den Masterplan Holstenareal Hamburg (Stadt Hamburg, o.J.)

Der städtebauliche Entwurf von Odparlik (2025 [im Druck]) lag bereits als Vektordatei vor und musste somit lediglich zu den benötigten Layern zugeordnet und wie vorgegeben benannt werden. Auch in diesem Entwurf fehlen die *Bestandsbaueme* und das *Bestandsgruen*, was auf die vollständig versiegelte Industriefläche zurückzuführen ist, die das Plangebiet zuvor war. Da das Begrünen des Gebietes allerdings nicht negativ bewertet werden soll, sobald der Layer *Bestandsgruen* nicht vorhanden ist, wurde bei beiden Entwürfen der Layer eingefügt, allerdings ohne Inhalt. Somit wird bei dem Kriterium Entsiegelung der Wert der anteiligen Gesamtbegrünung verwendet, was dem Wert der Summe der öffentlichen und privaten Grünflächen entspricht.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Abb. 12: Für die digitale Jury vorbereitete Shape-Layerstruktur des KI gestützen städtebaulicher Entwurf, eigene Darstellung basierend auf Odparlik (2025 [im Druck])

3.5.2 Durchführung & Ergebnisse

Beide Entwürfe wurden als ZIP-Datei in die digitale Jury hochgeladen und anschließend automatisch innerhalb weniger Sekunden bewertet. Die Ergebnisse der Kriterienbewertungen und der abschließenden Sternebewertungen wurden als Excel-Tabellen heruntergeladen und anschließend manuell in einer gemeinsamen Tabelle gesammelt, um einen Vergleich darzustellen:

Entwurf	Zukunftsfähige Mobilität	Anteil Freiflächen	Einbettung Umgebung	Lärmschutz	Erhalt Bestandgebäude	PV-Anteil	Nutzungsvielfalt Freiflächen	Zugang Wasser	Entsiegelung	Rettungswege	Dachbegrünung	Erhalt Baumbestand	Zonierung Freiflächen	Anzahl Sterne
Odparlik	4	0,52	1,5	2	0	0,35	4	0	0,52	1	0,56	0	1	2
Masterplan	4	0,3	1,5	2	0,06	0	3	2	0,3	1	0,73	0	1	4

Tab. 20: Bewertungen der Entwürfe (Masterplan & Opdarlik) durch die digitale Jury

Der KI-gestützte Entwurf wies eine Bewertung von 0 bei den Kriterien *Erhalt-Bestandsgebäude, Zugang Wasser* und *Erhalt Baumbestand* auf. Dieses Ergebnis resultiert aus den fehlenden Layern sowie aus den nicht vorhandenen Bestandsgebäuden innerhalb des Plangebietes, wodurch das Kriterium *Erhalt Bestandsgebäude* nicht bewertet werden konnte.

Der Masterplan wurde in den Kriterien *PV-Anteil* und *Erhalt Baumbestand* mit 0 bewertet, was sich ebenfalls durch das Fehlen der Layer begründen lässt.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

3.5.3 Reflexion der Anwendung

Im Folgenden wurden die Ergebnisse der Entwürfe weiter untersucht und reflektiert.

Entwurf	Zukunftsfähige Mobilität	Anteil Freiflächen	Einbettung Umgebung	Lärmschutz	Erhalt Bestandgebäude	PV-Anteil	Nutzungsvielfalt Freiflächen	Zugang Wasser	Entsiegelung	Rettungswege	Dachbegrünung	Erhalt Baumbestand	Zonierung Freiflächen	Anzahl Sterne
Odparlik	4	0,52	1,5	2	0	0,35	4	0	0,52	1	0,56	0	1	2
Masterplan	4	0,3	1,5	2	0,06	0	3	2	0,3	1	0,73	0	1	4

Tab. 21: Bewertungen der Entwürfe (Masterplan & Opdarlik) durch die digitale Jury

In Tab. 21 sind die gleich bewerteten Kriterien orange dargestellt. Kriterien, die besser als der andere Entwurf bewertet wurden, sind grün markiert, schlechter bewertete Kriterien rot. Auffallend sind die unterschiedlichen Sternebewertungen der beiden Entwürfe. Der Entwurf von Odparlik (2025 [im Druck]) wurde mit 2 von 5 Sternen bewertet, wohingegen der Masterplan (Stadt Hamburg, o.J.) eine Bewertung von 4 von 5 Sternen erlangt hat. Bei Betrachtung der einzelnen Kriterienbewertungen (siehe Tab. 21), fällt auf, dass vier Kriterien bei dem KI-gestützten Entwurf besser abschneidet als bei dem Masterplan, welcher bei nur drei Kriterien besser bewertet wurde als der KI-gestützte Entwurf. Bei näherer Betrachtung der einzelnen Kriterien müsste der KI-gestützte Entwurf theoretisch eine bessere Gesamtbewertung bekommen als der Masterplan.

Grund für diese Sternevergabe, bzw. abschließende Bewertung ist, wie das Modell Entscheidungen trifft. Das Modell bewertet auf Grundlage der Random-Forest-Logik und nicht auf einer „Punktesumme“. Es trifft per Schwellenwert-Regeln die Entscheidungen. Der Entwurf des Masterplans scheint demnach eine Kombination aus bestimmten Features zu sein, bei der die Entscheidungsbäume der Trainingsdaten oft 4 Sterne vergeben habe.

Mit Hilfe der Feature-Importance wurde bereits im Kapitel 3.4.3.4 ermittelt, wie stark die jeweiligen Kriterien die Entscheidungsfindung des Modells beeinflussen. Somit gewichtet das Modell die Kriterien unterschiedlich stark.

Kriterium	Wichtigkeit	Odparlik	Masterplan
K013	0.135625	0	0
K006	0.118411	0	0,06
K010	0.112231	0,25	0,3
K008	0.105155	4	3
K009	0.077932	0	2
K012	0.076493	0,56	0,73
K004	0.069620	1,5	1,5
K001	0.067481	-	-
K003	0.059639	0,52	0,3
K002	0.059154	4	4
K005	0.042498	2	2
K007	0.040698	0,35	0
K015	0.019745	1	1
K011	0.015318	1	1

Tab. 22: Feature-Importance und die erreichten Kriterienbewertungen beider Entwürfe im Vergleich, eigene Darstellung basierend auf dem Ergebnis des Skriptes medianvszerofill_ohneK014.py (Anhang B.6)

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Aus der Tab. 22, in der die im Vergleich besser abgeschnittenen Kriterien in grüner Schrift sind, wird ersichtlich, dass die Vorteile der hoch gewichteten Kriterien *Entsiegelung* und *Nutzungsvielfalt Freiflächen*, bei denen der KI-gestützte Entwurf (Odparlik, 2025 [im Druck]) besser abschneidet, nicht hinreichend sind, um die gleich oder höher gewichteten Kriterien *Zugang Wasser* und *Dachbegrünung*, die beim Masterplan besser bewertet sind, zu übertreffen.

Bei Betrachtung der einzelnen Kriterien fällt auf, dass das Kriterium *Erhalt Baumbestand* eine Bewertung von 0 Punkten erlangte. Der Layer *Baum_Bestand* war nicht vorhanden, da sich das Plangebiet auf einem vollständig versiegelten Industriegebiet befindet. Obwohl hier viele Bäume neu gepflanzt werden, wird dieses Kriterium negativ bewertet. Auch bei Betrachtung des Kriteriums Einbettung in die Umgebung wird verdeutlicht, dass lediglich die Körnigkeit bemessen wird. Wenn man sich den Entwurf von Odparlik (2025 [im Druck]) anschaut, wird deutlich, dass sich die neu geplante Bebauung nicht in die Umgebung einbettet, was beim Masterplan deutlich besser funktioniert hat. Beide Entwürfe haben von der digitalen Jury eine Bewertung von 1-5 erhalten. Einerseits wird gezeigt, dass das Modell robust laufen kann, auch bei unvollständigen Daten, andererseits wird verdeutlicht, dass die Zero-Fill-Implikation die Ergebnisse beeinflusst und planerische Tiefe verloren gehen kann. Durch die Reduktion auf quantitative Indikatoren wird die städtebauliche Qualität nicht abgebildet, womit durch die rein geometrischen Bemessungen die feinen Nuancen verloren gehen können.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

04 EVALUIERUNG & DISKUSSION

Die Ergebnisse der digitalen Jury werden im Folgenden zusammenfassend bewertet und kritisch eingeordnet. Thematisiert werden sowohl die technischen Resultate des Modells, als auch die methodischen Aspekte der Kriterienentwicklung und die praktische Anwendbarkeit in Wettbewerbsverfahren. Es werden zudem planerische und rechtliche Rahmenbedingungen betrachtet und die Ergebnisse in den Kontext bestehender Literatur gestellt. Das Ziel besteht darin, die Stärken und Schwächen des entwickelten Ansatzes aufzuzeigen und dessen Relevanz für die zukünftige Stadtplanung zu reflektieren.

4.1 Technische Erkenntnisse

Betrachtet werden im ersten Schritt die technischen Erkenntnisse, die aus der Modellierung und Optimierung des RF-Modells hervorgehen.

Die Bemessung der Modellgüte der Sternebewertung erfolgte mit Hilfe der Accuracy. In vielen Beispielen in der Literatur wird eine 80 %-Marke (bei großen Software-Projekten) angestrebt, um eine gute Vorhersagekraft zu haben (vgl. Eichstädt & Spieker, 2024, S. 287). Darunter ist zu verstehen, dass zu 80 % ein richtiges Ergebnis herauskommt. Eine Accuracy von mind. 90 % wird als „hoch“ oder „sehr gut“ eingestuft (vgl. Eichler et al., 2020, S. 308). Das Modell erreicht eine Accuracy von 76 % und ist somit als solide aussagekräftig und praktikabel anwendbar. Das Modell kann keine perfekten Prognosen liefern, allerdings ist es zur Schaffung von Vergleichbarkeit nützlich und kann erste Einschätzungen liefern.

Im Umgang mit fehlenden Daten in den Ausgangsdaten wurde die Zero-Fill-Imputation gewählt, da RF-Modelle nicht mit fehlenden Werten umgehen können. Zuvor wurde getestet, welche Methode am geeignetsten für dieses Modell war. In der Literatur wird diskutiert, dass die Median-Imputation zwar robust gegenüber Ausreißern ist, aber es glättet die Werte zu sehr (vgl. Emmanuel et al., 2021, S. 5). Bei der Zero-Fill-Imputation wird der fehlende Wert mit einer Null ersetzt. Dies kann zwar minimale Verzerrung erzeugen, aber ersetzt die fehlenden Werte nicht durch Annahmen. Zu erkennen ist, dass die Wahl der Imputaion die Modellgüte und Ergebnisinterpretation beeinflussen kann.

Manche Kriterien wiesen einen hohen Anteil dieser leeren Werte (NaN-Werte) auf, wodurch sich die Frage stellte, ob es sinnvoll ist, diese in das Modell mit aufzunehmen oder ob sich dadurch die Modellgüte eher verschlechtert. Durch das

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Entfernen des Kriteriums K001 (Nutzungsmischung) konnte die Accuracy erhöht werden, was veranschaulicht, dass nicht nur die Imputationsmethode Zero-Fill, sondern auch die Rate der fehlenden Werte eine Rolle für die Modellgüte spielten. In der Literatur wird bestätigt, dass bei einer erhöhten Fehlrate der Testdaten ein signifikanter Leistungsabfall des Modells entstehen kann (vgl. Shadbahr et al., 2023, S. 1).

Mittels der ermittelten Feature Importance konnte die Komplexität des Modells reduziert und die Modellgüte verbessert werden. Durch die Berechnung der Feature Importance konnte festgestellt werden, dass das Kriterium K014 (Abstandsflächen) keinerlei Bedeutung für das Modell hatte. Durch das Entfernen des Kriteriums konnte tatsächlich die Modellgüte erhöht werden. Auch Hastie et al. (2008, S. 652) bestätigen diese Erkenntnis, dass durch irrelevanten Variablen die Leistung des Modells verschlechtert werden kann. Es lässt sich also durch eine gezielte Feature Selection die Modellgüte verbessern.

Um die optimalen Hyperparameter für die digitale Jury zu finden, wurden die Hyperparameter „Tiefe der Entscheidungsbäume", „Anzahl der Entscheidungsbäume" sowie „Reproduzierbarkeit der Ergebnisse" optimiert, wodurch die höchst mögliche Accuracy von 76 % für das Modell erreicht werden konnte. Hierbei wurden nicht alle von den möglichen Hyperparametern festgelegt, sondern ein Fokus auf die zentralen Parameter gesetzt. In der Literatur wird betont, dass ein systematisches Hyperparameter-Tuning die Modelleistung deutlich steigern kann, auch wenn die Standardeinstellungen des RandomForestClassifiers ebenfalls praxistaugliche Ergebnisse zeigen (vgl. Probst et al., 2019, S. 1). Für die nicht festgelegten Hyperparameter wurden die Standardeinstellungen verwendet. Diese Konzentration auf die wesentlichen Hyperparameter war ausreichend, um die Funktionsweise des Modells zu evaluieren, auch wenn man bei zukünftigen Untersuchungen noch eine umfassendere Optimierung in Betracht ziehen könnte.

Bei diesem RF-Modell handelt es sich um ein festes Modell. Das fertig trainierte Modell wurde als pickle-Datei abgespeichert und diente als Grundlage für alle zukünftigen Datensätze. Es handelt sich somit um ein nicht selbstlernendes Modell, welches neue Entwürfe bewerten kann, allerdings nicht neu aus ihnen lernt. Dies entspricht dem Batch-Verfahren nach Ertel (2013, S. 271-272), welches voraussetzt, dass die Erfassung der Trainingsdaten in einem einzigen Vorgang erfolgt und keine automatische Adaption der neuen Trainingsdaten erfolgt. Erst mit einem völlig neuen Lernprozess kann das Modell neu trainiert werden (vgl. ebd.). Dieses Verfahren wurde gewählt, da im Rahmen dieser Arbeit kein überwachtes, nachträgliches Training gewährleistet werden kann. Dadurch funktioniert das Modell stabil, weil zukünftige Entwürfe immer gleich behandelt werden und das Modell sich selbst nicht „falsch" konfigurieren kann. Durch die Fixierung kann die im AI Act (ErwG. 9) verankerte „Transparenz" und „technische Dokumentation" von KI-Systemen gewährleistet werden. Insbesondere in Wettbewerbsverfahren, die auf Vergleichbarkeit und Nachvollziehbarkeit beruhen, erweist sich dieser Ansatz als vorteilhaft.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

4.2 Praktische Erkenntnisse

Das Fallbeispiel „Holstenareal“ ermöglicht eine Bewertung der Funktionsweise der digitalen Jury. In diesem Anwendungsbeispiel hat das Modell funktioniert. Die Reflexion der Anwendung wurde bereits im Kap. 3.5.3 genauer dargestellt. Im Folgenden werden die Erkenntnisse, die über diesen Einzelfall hinausgehen, dargestellt und diskutiert, mit dem Ziel, dies auf die Praxis von Wettbewerben zu übertragen.

Auffallend war, dass die beiden verglichenen Entwürfe unterschiedliche Sternebewertungen erhielten. Obwohl der Entwurf von Odparlik (2025 [im Druck]) bei mehreren Kriterien besser abschnitt als der Masterplan (Stadt Hamburg, o.J.), erhielt er weniger Sterne. Variablen mit hoher Bedeutung haben einen stärkeren Einfluss auf die Vorhersage, während andere Faktoren trotz guter Ausprägung nur einen geringen Effekt auf das Gesamtergebnis haben. Probst et al. (2019, S. 5) beschrieb diese Feature Importance als ein Maß, welches die Bedeutung einer Variable einer RF-Vorhersageregel widerspiegelt. Die Sternebewertung ergibt sich darüber hinaus aus der Mehrheitsentscheidung vieler einzelner Bäume, wobei jeder Baum nur eine Teilmenge der Daten verwendet, wodurch unterschiedliche Schwellenwerte und Splits entstehen. Durch diese gezielt eingebaute Zufälligkeit wird für eine Robustheit gesorgt und verringert die Gefahr des Overfittings, wobei jedoch die transparente Nachvollziehbarkeit einzelner Ergebnisse erschwert wird. Genau diesen Konflikt hebt Breimann (2001) hervor, denn Ensemble-Verfahren erhöhen einerseits die Stabilität der Vorhersagen, andererseits geht damit eine schlechtere Interpretierbarkeit einher.

Die positiven Erkenntnisse, die aus dem Anwendungsbeispiel hervorgingen, waren vor allem die Robustheit des Modells, trotz der fehlenden Daten, die mittels Zero-Fill umgewandelt wurden. Auch die Vergleichbarkeit der Entwürfe war erkennbar, was durch die standardisierten Skalen gewährleistet wird. Durch die sekundenschnelle Auswertung der Entwürfe ist eine Zeitersparnis zu verzeichnen, was durch eine automatisierte Bewertung möglich ist. Diese Eigenschaften decken sich mit den grundlegenden Stärken von RF-Modellen, wie sie Breiman (2001) beschreibt: eine Robustheit gegenüber Datenstörungen und eine hohe Generalisierungsfähigkeit.

Eine Grenze des Modells wurde bei der Bewertung des Kriteriums *Erhalt Baumbestand* ersichtlich. Das Plangebiet befindet sich auf einer vollständig versiegelten Fläche, auf der keine Bestandsbäume existieren. In der neuen Planung wurden neue Bäume vorgesehen. Durch die Zero-Fill-Imputation wurde der Erhalt der Bestandsbäume mit 0 gewertet, obwohl das Neupflanzen von Bäumen positiv bewertet werden müsste. Hiermit zeigt sich ein typisches Problem der Imputation: systematische Verzerrungen. In der Literatur werden diese als Bias bezeichnet: Abweichungen, die die Modellgüte negativ beeinflussen können (vgl. Hastie et al., 2008; Shadbahr et al., 2023). Hinzu kommt der Verlust der planerischen Tiefe, welche u. a. durch die Einbettung rein geometrischer Daten verloren geht.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Daraus ergibt sich zudem, dass qualitative Aspekte nicht unbedingt dargestellt werden können. Das Modell zeigt weitere klare Grenzen auf, wie das Vernachlässigen der Rahmenbedingungen. Örtliche Gesetze und Vorschriften, wie z.B. Bauordnungen und Bebauungspläne, werden nicht berücksichtigt, genauso wenig wie die individuellen Inhalte der Auslobungen, in denen u. a. besondere Anforderungen an Nachhaltigkeit und spezifische Kennwerte vorgegeben sind. Auch wirtschaftliche Aspekte, wie Bau- und Betriebskosten, finden hier keinerlei Berücksichtigung. Dies steht im Kontrast zu der Planungsliteratur, in der betont wird, dass städtebauliche Wettbewerbe stets auch im Kontext rechtlicher, ökonomischer, ökologischer sowie sozialer Rahmenbedingungen einzubetten sind (vgl. RPW, 2013, §1 Abs.2; Anlage I Abs. 22). Diese Beobachtungen demonstrieren, dass das Modell zwar robuste technische Resultate generiert, seine praktische Anwendung im Wettbewerbswesen jedoch nur in Kombination mit weiteren, nicht rein quantitativen Kriterien sinnvoll ist.

4.3 Praxisrelevanz & Einordnung in die Raumplanung

Die gewonnen Erkenntnisse lassen sich als Indikator für einen potenziellen Einsatz im Wettbewerbswesen nutzen.

Das RPW (2013) und Planungsliteraturen betonen die hohe Relevanz von städtebaulichen Wettbewerben in der Raumplanung, da sie als Instrument zur Qualitätssicherung und zur Förderung von Innovationen im Planungsprozess dienen. Durch sie wird der Vergleich städtebaulicher Entwürfe auf einer gemeinsamen Bewertungsgrundlage ermöglicht (vgl. RPW, 2013, §1 Abs.1), wodurch sie zu der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Entscheidungsprozesse beitragen. Hierbei ist vor allem die Vorprüfung ein entscheidender Prozess, welcher sicherstellt, dass die eingereichten Arbeiten regelkonform und vollständig sind und ob die quantifizierbaren Kriterien eingehalten wurden (vgl. ebd., Anlage VI).

Somit ergibt sich ein vielversprechendes Einsatzfeld in der Vorprüfung von städtebaulichen Wettbewerben, wobei die eingereichten Entwürfe auf Übereinstimmung mit den Auslobungskriterien geprüft werden (vgl. RPW, 2013, Anlage VI). Das Modell der digitalen Jury kann an dieser Stelle eine unterstützende Rolle übernehmen, indem es in kürzester Zeit standardisierte sowie automatische Bewertungen erstellt und somit eine erste Filterfunktion erfüllt. Auffällige Mängel, wie bspw. geringe Anteile der Grünflächen oder fehlende Dachbegrünungen, könnten im Vorfeld der eigentlichen Preisgerichtssitzung aufgezeigt werden. Dies entspricht auch den Zuständigkeiten der Vorprüfung laut RPW, indem deutlich die Überprüfung quantifizierbarer Beurteilungskriterien gefordert wird (vgl. RWP, 2013, Anlage VI). Genau an dieser Stelle kann das Modell ansetzen und durch eine algorithmische Bewertung für eine zusätzliche Objektivierung sorgen (vgl. ebd.).

Ein praktischer Mehrwert wird bereits unabhängig von der Sternebewertung gezeigt: Die Vorprüfung kann durch die im Modell eingesetzten Verfahren zur automatischen Geometrieberechnung digital unterstützt werden. Somit lassen sich

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Flächenanteile und Kennwerte standardisiert ermitteln und in kürzester Zeit miteinander vergleichen. Wodurch ein bislang manueller und fehleranfälliger Arbeitsschritt, automatisiert und objektiviert wird.

Zugleich wird klar, dass der Einsatzbereich begrenzt bleibt. Die Modelllogik basiert auf Geodaten, welche für das Modelltraining nicht umfangreichend genug vorhanden waren, da die Lagepläne der Entwürfe lediglich als Bild-Datei vorlagen. Lediglich ein Entwurf wurde beispielhaft digitalisiert, um die Bemessungen der Kriterien zu erstellen. Dadurch wird die Tiefe der Auswertung limitiert und das Modell kann nicht die relevanten Dimensionen der städtebaulichen Komplexität abdecken. Wie bereits erwähnt, können rechtliche und ökonomische Rahmenbedingungen sowie gestalterische Qualitäten nicht abgedeckt werden und bedarfen weiterhin eine Fachmeinung einer Jury. Auch eingeschränkte planerische Tiefe mancher Kriterien kann nicht gewährleistet werden. Das Modell kann zwar einfache geometrische Größen zuverlässig bemessen, komplexere Anforderungen werden allerdings stark vereinfacht dargestellt. Beim Kriterium Lärmschutz werden lediglich innere Lärmquellen berücksichtigt, wobei auch andere Lärmquellen existieren, wie u. a. Flug-, Straßen- und Schienenlärm (vgl. Stadt Wien | Umweltschutz, 2021). Diese befinden sich außerhalb des Gebietes und wurden nicht berücksichtigt. Die Rettungswege sind ebenfalls in ihrer Logik reduziert, da Feuerwehraufstellflächen oder -zufahrten nach den Vorgaben der jeweiligen Bauordnungen und Brandschutzrichtlinien nicht erfasst werden, die bauordnungsrechtlich geregelt sind. Die Einbettung in die Umgebung berücksichtigt bislang nur die Körnigkeit der Gebäude, also inwieweit sich diese in die Umgebung eingliedern. Allerdings gehört zu der Einbettung u.a. auch die infrastrukturelle und grünräumliche Eingliederung sowie die Anknüpfung an Baubestand in die Umgebung (vgl. Feldmann, 2009, S. 156-159). Durch diese Beispiele wird deutlich, dass das Modell in seiner jetzigen Form durch die operative Vereinfachung lediglich als eine Annäherung an die planerische Realität betrachtet werden kann. In der Praxis sind die Regelwerke deutlich komplexer, was veranschaulicht, dass die digitale Jury allein nicht genügt, um eine umfassende Bewertung zu gewährleisten. Dies verdeutlicht, dass das derzeitige Modell vor allem bei klar messbaren, quantitativen Kennzahlen einen Mehrwert schafft. Qualitative und regelbasierte Aspekte erfordern weiterhin eine fachliche Prüfung.

In Ergänzung dazu sind außerdem die rechtlichen Rahmenbedingungen in Betracht zu ziehen. Gemäß Art. 22 Abs. 1 DSGVO dürfen Entscheidungen, die eine rechtliche Wirkung entfalten oder wenn Betroffene dadurch beeinträchtigt werden, nicht ausschließlich auf einer automatisierten Verarbeitung beruhen. Im Kontext des europäischen AI Act stellt sich außerdem die Frage nach der rechtlichen Einordnung des KI-Systems. KI-Anwendungen, die in Planungs- oder Verwaltungsprozessen verwendet werden, können, je nach Gestaltung, zu den Hochrisiko-Systemen gehören (vgl. Krenn et al., 2025, S. 25-26). Das liegt daran, dass sie bei wichtigen Entscheidungen eine Rolle spielen können und somit besondere Auflagen der Transparenz, Datenqualität und Aufsicht erfüllen müssen

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

(vgl. ebd.). Wenn das Modell allerdings nur zum Ordnen und Kategorisieren von Daten genutzt wird, wie es in der Stadtentwicklung oft der Fall ist, dann ließe es sich auch als ein KI-System mit mittlerem Risiko einordnen, wobei vor allem die Transparenz und Kennzeichnungspflicht im Vordergrund stehen (vgl. ebd.).

Während in der Datenschutz-Grundverordnung der Schutz einzelner Personen im Vordergrund steht und klargestellt wird, dass Entscheidungen mit rechtlicher Tragweite nicht ausschließlich automatisch getroffen werden dürfen, zielt der AI Act auf die systematische Regulierung von KI-Anwendungen ab. Er unterschiedet zwischen den Risikokategorien und legt insbesondere für Hochrisikosysteme verbindliche Anforderungen fest. Zusammen verdeutlichen beide Regelwerke, dass die digitale Jury aus sowohl rechtlichen als auch regulatorischen Gründen nicht als endgültige Entscheidungsinstanz eingesetzt werden darf. Somit beschränkt sich ihr Einsatz auf eine rein unterstützende Rolle, während die finale Verantwortung beim Preisgericht verbleibt.

Somit positioniert sich die digitale Jury als ein Tool, welches die Vorprüfung digitalisieren und beschleunigen kann und vor allem bei quantitativen Kriterien seinen Mehrwert entfaltet.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

05 AUSBLICK

Aus den bereits erarbeiteten Erkenntnissen haben sich einige Ansatzpunkte der möglichen Weiterentwicklung ergeben.

In den vorangegangenen Kapiteln wurde bereits erläutert, dass manche Kriterien nicht umfangreich genug bemessen werden und dadurch keine ausreichende Aussagekraft über diese städtebaulichen Qualitäten erlangen. Es werden mögliche Ansatzpunkte der Kriterien, um eine komplexere planerische Dimension zu erlangen, folglich weiter ausgeführt:

Lärmschutz: Derzeit werden lediglich interne Lärmquellen erfasst, während externe Faktoren, wie etwa Straßen-, Schienen- und Fluglärm unberücksichtigt bleiben. Eine potenzielle Weiterentwicklung könnte die Einbindung von Lärmkarten und Verkehrsnetzen sein, woraus sich bspw. Flächen unter bestimmten dB-Schwellen ermitteln lassen. Durch den Einsatz von GIS-gestützten Overlays könnten robuste Indikatoren entstehen, die die jetzigen Proxies deutlich präzisieren würden.

Rettungswege: Die derzeitige Korridorprüfung erfolgt in einer stark vereinfachten Form. Eine Weiterentwicklung sollte sich an brandschutzrechtliche Vorgaben halten und Daten zu Zufahrten, Aufstellflächen, Wendekreisen oder Gebäudehöhen einbeziehen. Mittels Geometrie-Checks könnte dies abgebildet und in Features überführt werden. Somit wäre eine realitätsnähere Aussage möglich.

Einbettung in die Umgebung: Die derzeitige Ermittlung der Körnigkeit könnte durch grünräumliche, funktionelle und infrastrukturelle Faktoren erweitert werden. Durch das Einbinden von Daten des Verkehrsnetzes, Grünraum und Nachbargebäuden könnten mittels Pufferanalysen und den Vergleich der Kennwerte ein höheres Maß an Einbettung erzielt werden.

Ein weiterer Ansatzpunkt zur Weiterentwicklung liegt in der technischen Optimierung. Durch eine größere Datenbasis könnten robustere Vorhersagen geliefert werden. Auch durch ein erweitertes Hyperparameter-Tuning, welches über die bisherigen Hyperparameter hinaus geht, könnten komplexere Konfigurationsmöglichkeiten ausgeschöpft werden. Langfristig gesehen, könnten alternative Verfahren, wie bspw. Neuronale-Netze, sofern eine sehr große Datenlage vorhanden ist, eingesetzt werden und eine höhere Modellgüte erreichen.

Durch die Ausweitung der Datenbasis könnten zusätzliche Bewertungskriterien, wie bspw. Sichtachsen, Barrierefreiheit, Dichte, Bruttogeschossflächen oder ökonomische Faktoren, mit aufgenommen werden. Wenn Vektordaten zur Verfügung stehen würden, könnten außerdem die ausgeschlossenen Kriterien, wie die

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Nutzungsmischung und *Abstandsflächen,* wieder in die Bewertungsmatrix aufgenommen werden, die im Modell durch die hohe Fehlrate ausgeschlossen wurde.

Eine weitere Entwicklungsmöglichkeit liegt darin, die digitale Jury für weitere Dateitypen zu öffnen. Neben den klassischen Shapefiles könnten auch Formate wie DXF/DWG, Bilddateien oder Textdokumente automatisch eingelesen und ausgewertet werden. So wäre es denkbar, dass Lagepläne, die als Bilddatei vorliegen, automatisch als Vektordatei umgewandelt werden könnten, ohne eine manuelle Digitalisierung durchzuführen.

Die Auswertung von Auslobungen könnten auch in Zukunft durch maschinelles Sprachverstehen automatisiert werden, wodurch relevante Kriterien für die jeweiligen Wettbewerbe direkt aus den Unterlagen extrahiert und als Bewertungsgrundlage genutzt werden könnten. In Ergänzung dazu wäre es denkbar, Rahmenbedingungen, wie bspw. rechtliche Vorschriften, in die Analyse zu integrieren, sobald entsprechende Datengrundlagen digital vorliegen.

Solch eine Erweiterung würde nicht nur geometrische Kennwerte erfassen können, sondern auch qualitative und kontextbezogene Aspekte einbeziehen. Es bliebe zwar trotzdem ein unterstützendes Tool, könnte aber die digitale Jury näher an die Arbeitsweisen einer realen Jury rücken.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

06 FAZIT

Die vorliegende Arbeit hat sich mit der Entwicklung einer „digitalen Jury“ befasst und dabei aufgezeigt, dass maschinelles Lernen im Rahmen städtebaulicher Wettbewerbe grundsätzlich dazu in der Lage ist, quantitative Kriterien automatisch zu erfassen und vergleichbar zu machen. Mit einer erreichten Accuracy von 76 % konnte das erstellte Random-Forest-Modell solide Ergebnisse vorweisen. Dies demonstriert, dass auch bei begrenzter Datenlage eine algorithmische Vorbewertung von städtebaulichen Entwürfen möglich ist. Die Stärke des hier dargestellten Ansatzes liegt in seiner Robustheit, der Reproduzierbarkeit der Ergebnisse und der Fähigkeit standardisierte Auswertungen in kürzester Zeit zu generieren. Das Modell leistet somit einen Beitrag zur Objektivierung und Digitalisierung im Bereich der städtebaulichen Wettbewerbe.

Gleichzeitig wurde die begrenzte Anwendbarkeit des Modells deutlich. Es besteht die Problematik, dass signifikante planerische Dimensionen, wie bspw. ökonomische und rechtliche Aspekte oder qualitative Gestaltungskriterien nicht dargestellt werden können. Auch die eingeschränkte Datenbasis, insbesondere die Reduktion auf Bildformate statt Geodaten, führte zu einer limitierten Bewertungstiefe. Darüber hinaus ist anzumerken, dass einzelne Kriterien in der Modelllogik stark vereinfacht sind, wie etwa beim Lärmschutz oder den Rettungswegen. Diese Beispiele veranschaulichen, dass die digitale Jury in der derzeitigen Form keine vollständige Beurteilung liefern kann. Sie ist vielmehr als technisches Werkzeug zur Unterstützung zu verstehen.

Dieser Aspekt äußert sich besonders bei der Einordnung in den Planungsprozess: Der aktuelle Prototyp eignet sich vor allem in der Phase der Vorprüfung, in welcher die Entwürfe anhand objektiver und quantifizierbarer Kriterien überprüft werden. Das Modell kann in diesem Kontext eine Hilfestellung bieten, indem es eine Objektivierung und Vergleichbarkeit schafft. Dadurch wird ein manueller Arbeitsschritt digitalisiert und beschleunigt. Die abschließende Entscheidungshoheit obliegt jedoch weiterhin bei dem Preisgericht, sowohl aus planerischen und gestalterischen Gründen, als auch aus rechtlichen Vorgaben wie der DGSVO und des europäischen AI Acts.

Die vorliegende Arbeit kommt zu dem Schluss, dass das Modell durch die standardisierte Bewertung und die Offenlegung seiner Entscheidungslogik zu einer höheren Transparenz im Bewertungsprozess beitragen kann. Insgesamt kann die digitale Jury nicht als Ersatz für den menschlichen Bewertungsprozess verstanden und nicht als endgültige Jury eingesetzt werden, sondern ist vielmehr ein erster

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Schritt zu einer datenbasierten Vorprüfung. Auf dieser Grundlage können künftige Arbeiten die gewonnenen Ansätze aufnehmen, die Datenbasis erhöhen, differenzierte und inhaltlich tiefere Bewertungskriterien sowie weiterentwickelte Verfahren ausbauen und so Schritt für Schritt zu einem Werkzeug weiterführen, welches möglicherweise dauerhaft in Planungsprozessen einsetzbar ist.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

LITERATUR-VERZEICHNIS

ARL – Akademie für Raumentwicklung in der Leibniz-Gemeinschaft (Hrsg.). (2024). Künstliche Intelligenz in der Raumentwicklung – Impulse für die Praxis und Forschung (Positionspapier aus der ARL 151). Verlag der ARL.

Artificial Intelligence Act (AI Act). (2024). Verordnung (EU) 2024/1689 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Juni 2024 zur Festlegung harmonisierter Vorschriften für künstliche Intelligenz (Verordnung über künstliche Intelligenz). Amtsblatt der Europäischen Union, L 2024/1689, 1–144.

Bielik, M., Dennemark, M., König, R., Schmidt, P., Schneider, S. (2021). Digitale adaptive Masterpläne mittels Künstlicher Intelligenz. In RaumPlanung – Fachzeitschrift für Räumliche Planung und Forschung. Ausgabe Nr. 211. Informationskreis für Raumplanung e.V. (Hrsg.). Dortmund, 70-75.

Borrmann, A. (2021). Künstliche Intelligenz für die gebaute Umwelt. In: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.), Informationen zur Raumentwicklung: Künstliche Intelligenz - Zwischen Erwartungen und Unbehagen (IzR 3/2021, S. 62-71). Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR).

Breiman, L. (2001). Random forests. Machine learning, 45(1), 5–32.

Bundeskammer der Ziviltechniker_innen. (2022). Wettbewerbsstandard Architektur (WSA): Grundsätze, Wettbewerbsordnung und Leistungsbild Architekturwettbewerb. Wien: Bundeskammer der Ziviltechniker:innen.

Bundestransferstelle Stadtumbau. (2020). Schwerpunktpapier: Planungswettbewerbe und Konzeptvergaben im Stadtumbau. Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat.

Cnyrim, P., & Kemper, J. (2024). Erklärs mir, als wäre ich 5 – Künstliche Intelligenz (2. Aufl.). Riva Verlag.

Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO). (2016). Verordnung (EU) 2016/679 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. April 2016 zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten, zum freien Datenverkehr und zur Aufhebung der Richtlinie 95/46/EG. Amtsblatt der Europäischen Union, L 119, 1–88.

Eichler, L., Krüger, T., Meinel, G., Tenikl, J., & Wurm, M. (2020). Wie grün sind deutsche Städte? Indikatorgestützte fernerkundliche Erfassung des Stadtgrüns. AGIT – Journal für Angewandte Geoinformatik, 6, 306–315.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Eichstädt, T., & Spieker, S. (2024). 52 Stunden Informatik: Was jeder über Informatik wissen sollte (2. Aufl.). Springer Fachmedien Wiesbaden.

Emmanuel, T., Maupong, T., Mpoeleng, D., Semong, T., Mphago, B., & Tabona, O. (2021). A survey on missing data in machine learning. Journal of Big Data, 8(140).

Ertel, W. (2013). Grundkurs Künstliche Intelligenz: Eine praxisorientierte Einführung (3. Aufl.). Springer Vieweg.

Europäisches Parlament. (2020/2023). Was ist künstliche Intelligenz und wie wird sie genutzt? Veröffentlicht am 14.09.2020, letzte Aktualisierung am 20.06.2023. Abgerufen am 20.07.2025 von https://www.europarl.europa.eu/topics/de/article/20200827STO85804/was-ist-kunstliche-intelligenz-und-wie-wird-sie-genutzt

Feldmann, P. (2009). Die strategische Entwicklung neuer Stadtquartiere unter besonderer Berücksichtigung innenstadtnaher oder innerstädtischer brachgefallener Industrieareale (Schriften zur Immobilienökonomie, Band 53). EUL Verlag.

Galarnyk, M. (2025). Understanding Random Forest using Python scikit-learn. Towards Data Science. Abgerufen am 19. September 2025 von https://towardsdatascience.com/understanding-random-forest-using-python-scikit-learn/

Güleş, O., Schweitzer E. (2021). Künstliche Intelligenz und Stadtentwicklung – Konzepte, Potenziale und Anwendungsfelder. In Künstliche Intelligenz – Zwischen Erwartungen und Unbehagen. Bundesinstitut für Bau-, Stadt-, und Raumforschung (BBSR) (Hrsg.). Franz Steiner Verlag. Bonn. S. 12-25.

Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2008). The elements of statistical learning: Data mining, inference, and prediction (2nd ed.). Springer.

Hecht, R. (2013). Automatische Erkennung von Gebäudetypen auf Grundlage von Geobasisdaten. In G. Meinel, U. Schumacher & M. Behnisch (Hrsg.), Flächennutzungsmonitoring V. Methodik – Analyseergebnisse – Flächenmanagement (S. 199–210). Rhombos-Verlag.

Jo, T. (2021). Machine learning foundations: Supervised, unsupervised, and advanced learning. Springer.

Karatas, M. (2024). Eigene KI-Anwendungen programmieren, Rheinwerk-Verlag, Bonn.

König, M. (2021). Künstliche Intelligenz im Bauwesen. In: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.), Informationen zur Raumentwicklung: Künstliche Intelligenz - Zwischen Erwartungen und Unbehagen (IzR 3/2021, S. 38-49). Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR).

König, R., Schneider, S., Bielik, M., Osintseva, I., Fuchkina, E. (2021). Künstliche Intelligenz im Architekturentwurf. In: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.), Informationen zur Raumentwicklung: Künstliche Intelligenz - Zwischen Erwartungen und Unbehagen (IzR 3/2021, S. 50-61). Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR).

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Krenn, K., Grether, T., Dreier, L., Hunger, N., Libbe, J., Ullrich, J., Wilmes-Horváth, J., Grützner, R., & Schriever, A. (2025). Künstliche Intelligenz in smarten Städten und Regionen: Innovative KI-Anwendungen für die Stadtentwicklung. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR).

Lüken, J., & Schimmelpfennig, H. (2018). Entscheidungsbäume – Algorithmen im Überblick. planung&analyse, 2(2018), 65.

McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., Shannon, C. E. (1955). A proposal for the Dartmouth summer research project on artificial intelligence. Dartmouth College.

Memmel, M., & Dengel, A. (2021). Künstliche Intelligenz – Zwischen Ängsten und Erwartungen, Hype und Realität. In: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.), Informationen zur Raumentwicklung: Künstliche Intelligenz – Zwischen Erwartungen und Unbehagen (IzR 3/2021, S. 4–11). Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR).

Mitchell, T. M. (1997). Machine learning. New York, NY: McGraw-Hill.

Probst, P., Wright, M., & Boulesteix, A.-L. (2019). Hyperparameters and tuning strategies for random forest. arXiv.

Reicher, C. (2017). Städtebauliches Entwerfen. (5.Aufl.). Springer Vieweg.

RPW - Richtlinie für Planungswettbewerbe. (2013). BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.). (Fassung vom 31.01.2013). Berlin.

Shadbahr, T., Roberts, M., Stanczuk, J., Gilbey, J., Teare, P., Dittmer, S., Thorpe, M., Viñas Torné, R., Sala, E., Lió, P., Patel, M., Preller, J., Rudd, J. H. F., Mirtti, T., Rannikko, A. S., Aston, J. A. D., Tang, J., & Schönlieb, C.-B. (2023). The impact of imputation quality on machine learning classifiers for datasets with missing values. Communications Medicine, 3(139).

Song, Y.-Y., & Lu, Y. (2015). Decision tree methods: Applications for classification and prediction. Shanghai Archives of Psychiatry, 27(2), 130–135.

Stadtentwicklung Wien, MA 18. (2008). Grundlagen für die Durchführung von Wettbewerben auf dem Gebiet der Architektur und des Städtebaus (Werkstattbericht Nr. 91). Magistratsabteilung 18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung. Wien.

Stadt Hamburg. (o.J.). Masterplan Holstenareal Hamburg. Abgerufen am 03.08.2025 von https://www.hamburg.de/resource/blob/267804/a7f59a1647f5bac39f16e0671c2b5f42/200729-holsten-masterplan-data.pdf

Stadt Wien | Umweltschutz. (2021). Wiener Lärmfibel: Lärm und Ruhe in der Stadt gestalten. Magistrat der Stadt Wien.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Straßenverkehrsordnung 1960 (StVO). (1960). Bundeskanzleramt Österreich (Hrsg.). Bundesgesetzblatt Nr. 159/1960 in der geltenden Fassung. Rechtsinformationssystem des Bundes (RIS).

Studio Wessendorf & Atelier Loidl. (o.J.). Entwurf: Quartiersentwicklung Altort in Thalmässing. Abgerufen am 05.03.2025 von https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/quartiersentwicklung-altort-in-thalmaessing-570525/prizegroup/1-preis-195869.html

Verordnung über die Vergabe öffentlicher Aufträge (Vergabeverordnung – VgV). (2016). BGBl. I S. 624. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.).

Wendt, W., Swarat, G. (2021). Künstliche Intelligenz und Kommunen. In: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.), Informationen zur Raumentwicklung: Künstliche Intelligenz – Zwischen Erwartungen und Unbehagen (IzR 3/2021, S. 90-95). Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR).

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

TABELLEN-VERZEICHNIS

Tab. 1: Wettbewerbsbeteiligte und deren Rollen im Wettbewerbsprozess, eigene Darstellung basierend auf RPW, 2013, § 2

Tab. 2: ML und ihre Lernparadigmen, eigene Darstellung basierend auf König, 2021, S. 40

Tab. 3: Hyperparameter beim Random Forest und ihre Funktionen, eigene Darstellung basierend auf Probst et al., 2019, S. 4; Galarnyk, 2025; Jo, 2021, S. 149-150

Tab. 4: Anwendungsbereiche und Beispiele von KI in der Stadtplanung, Analyse und Monitoring, eigene Darstellung

Tab. 5: Anwendungsbereiche und Beispiele von KI in der Stadtplanung, Generierung und Optimierung von Entwürfen, eigene Darstellung

Tab. 6: Risikogruppen im AI Act, eigene Darstellung basierend auf Krenn et al., 2025, S. 24

Tab. 7: Übersicht der Datenquellen und Suchparametern, eigene Darstellung

Tab. 8: Layerstruktur der Vektordaten, eigene Darstellung.

Tab. 9: Einteilung der Sternevergabe nach der Norm-Summe, eigene Darstellung

Tab. 10: Bewertungskriterien und deren Nummerierungen, eigene Darstellung

Tab. 11: Ausschnitt der gelabelten Bewertungsmatrix (vollständige Tabelle im Anhang A.3), eigene Darstellung

Tab. 12: Verwendete Python-Bibliotheken zur Erstellung der digitalen Jury, eigene Darstellung

Tab. 13: Anzahl der Sternebewertungen in den Trainings- und Testdaten, eigene Darstellung basierend auf dem Ergebnis des Skriptes Sterne_Verteilung (Anhang B.4) als Input: Anhang A.3

Tab. 14: Anzahl der Sternebewertungen in den Trainings- und Testdaten nach der manuellen Umverteilung, eigene Darstellung basierend auf dem Ergebnis des Skriptes Sterne_Verteilung (Anhang B.4) als Input: Anhang A.5

Tab. 15: Accuracy und beste Parameter von Zero-Fill und Median im Vergleich, eigene Darstellung basierend auf dem Ergebnis des Skriptes medianvszero_alleK.py (Anhang B.5)

Tab. 16: Feature-Importance der Bewertungskriterien, eigene Darstellung basierend auf dem Ergebnis des Sriptes medianvszero_alleK.py (Anhang B.5)

Tab. 17: Übersicht der erreichten Accuracy mit verschiedenen Parametern, eigene Darstellung

Tab. 18: Ausschnitt der finalen Bewertungsmatrix mit den Modell gesetzten Sternebewertungen mit einer Accuracy von 76 % (vollständige Tabelle im Anhang A.6), eigene Darstellung

Tab. 19: Datencheck: Vollständigkeit der Layer und Attribute der Entwürfe, Masterplan (Stadt Hamburg, o.J.) und Odparlik (2025 [im Druck])

Tab. 20: Bewertungen der Entwürfe (Masterplan & Opdarlik) durch die digitale Jury, Ergebnis der digitalen Jury

Tab. 21: Bewertungen der Entwürfe (Masterplan & Opdarlik) durch die digitale Jury. Vergleich der Kriterien, Ergebnis der digitalen Jury

Tab. 22: Feature-Importance und die erreichten Kriterienbewertungen beider Entwürfe im Vergleich, eigene Darstellung basierend auf dem Ergebnis des Skriptes medianvszerofill_ohneK014.py (Anhang B.6)

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

ABBILDUNGS-VERZEICHNIS

Abb. 1: Schemenhafte Darstellung eines Entscheidungsbaumes, eigene Darstellung basierend auf Jo, 2021, S. 141-144, 154

Abb. 2: Schematische Darstellung eines Entscheidungsbaumes, eigene Darstellung

Abb. 3: Schematische Vorhersagelogik des Random-Forest-Verfahrens, eigene Darstellung basierend auf Breiman, 2001; Jo, 2001; Hastie et al., 2008

Abb. 4: Schemenhafte Darstellung eines Random Forests, eigene Darstellung basierend auf Galarnyk, 2025

Abb. 5: Gesamtprozess der digitalen Jury - Darstellung des iterativen Prozesses, eigene Darstellung

Abb. 6: Quartiersentwicklung Altort in Thalmässing, Bayern (E065) (Studio Wessendorf & Atelier Loidl, o.J.)

Abb. 7: Digitalisierter Entwurf E065 (mit allen Layern und Attributen), eigene Darstellung erstellt in QGIS basierend auf den Entwurf E065 (Studio Wessendorf & Atelier Loidl, o.J.)

Abb. 8: Toolchain-Diagramm zum Ablauf des Programms, eigene Darstellung

Abb. 9: Startansicht der digitalen Jury, Screenshot von https://die-digitale-jury.streamlit.app/

Abb. 10: Ergebnisansicht der digitalen Jury, Screenshot von https://die-digitale-jury.streamlit.app/

Abb. 11: Masterplan Holsten Areal digitalisiert mit QGIS, eigene Darstellung basierend auf den Masterplan Holstenareal Hamburg

Abb. 12: Für die digitale Jury vorbereitete Shape-Layerstruktur des KI gestützen städtebaulicher Entwurf, eigene Darstellung basierend auf Odparlik (2025 [im Druck])

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

ANHANG

Anhang A: Excelltabellen

A.1 Wettbewerbssammlung.xlsx
A.2 Kriteriensammlung.xlsx
A.3 Bewertungsmatrix_15Kriterien.xlsx
A.4 Bewertungsmatrix_normiert_mit_Sternen.xlsx
A.5 Bewertungsmatrix_final_mit_GroundTruth.xlsx
A.6 Bewertungsmatrix_final_mitSternevergabe.xlsx

Anhang B: Python-Skripte & Ergebnisse

B.1 app.py-Skript
B.2 shpVerknuepfung.py-Skript
B.3 pkl.py-Skript
B.4 Sterne_Verteilung_Train_Test.py-Skript
B.5 medianvszerorfill_alleK.py-Skript
B.6 medianvszerorfill_ohneK014.py-Skript + Ergebnisse
B.7 medianvszerorfill_ohneK011_K014.py-Skript + Ergebnis

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang 1.1: Wettbewerbssammlung.xlsx

WettbewerbID	Land	Bundesland	Link	Name	Auslobung/Aufgaben	Ergebnis
W001	DE	Berlin	https://www.berlin.de/sen/bauen/wettbewerbe/2021/alte-gaertnerei-heinersdorf/	Alte Gärtnerei Heinersdorf, Pankow Berlin	pdf	pdf & website
W002	DE	Berlin	https://www.berlin.de/sen/bauen/wettbewerbe/2022/ulap-quartier/	ULAP-Quartier	pdf	pdf & website
W004	DE	Berlin	https://www.berlin.de/sen/bauen/wettbewerbe/2020/dragonerareal/	Dragonerareal und angrenzende Bereiche	pdf	website
W007	DE	Berlin	https://www.berlin.de/sen/bauen/wettbewerbe/2021/werkstattverfahren-berlin-lichtenberg/#Ausschreibung	Alt-Friedrichsfelde 60, Lichtenberg Berlin	pdf	auf website
W008	DE	Berlin	https://www.berlin.de/sen/bauen/wettbewerbe/2021/erweiterung-rathaus-zehlendorf/	Erweiterung Rathaus Zehlendorf, Steglitz-Zehlendorf Berlin	pdf	website
W009	DE	Bremen	https://www.akhb.de/node/126282	Stephani Ost	pdf	Anhang Protokoll pdf
W010	DE	Bremen	https://www.akhb.de/node/126277	Scharnhorst-Quartier	pdf	Anhang Protokoll pdf
W013	DE	Bremen	04/2021: Holsteiner Straße, HB-Osterfeuerberg | Architektenkammer Bremen	Holsteiner Straße	pdf	pdf Anhang Protokoll
W014	DE	Bremen	02/2021 Norddeutsche Steingut, Bremen-Grohn | Architektenkammer Bremen	Steingut	pdf	pdf Juryprotokoll
W015	DE	Bremen	09/2022 Könecke Areal, Bremen-Hemelingen | Architektenkammer Bremen	Könecke Areal	pdf	pdf
W017	DE	Bremen	02/2023 - Neue Strandlust, Bremen-Vegesack | Architektenkammer Bremen	Neue Strandlust	pdf	pdf
W018	DE	Hessen	https://www.akh.de/baukultur/wettbewerbe-in-hessen/ostfeld-wiesbaden	Ostfeld - Ein visionärer Stadtteil mit eigener Identität	website	website
W019	DE	Hessen	Ehemaliger Busbahnhof, Eschwege - AK Hessen; https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-landschaft-und-freiraum-525768.html	ehemaliger Busbahnhof Eschwede	website	website
W020	DE	Hessen	Ehemalige Carl-von-Ossietzky-Schule, Wiesbaden - AK Hessen; https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-536329.html	Innenentwicklung als experi-men-telle Planung in Klarenthal	website	website
W021	DE	Hessen	Entwicklung Maintal-Mitte, Maintal - AK Hessen	Konzept für ein neues Wohnquartier in Maintal Mitte	website	website
W022	DE	Hessen	Rosenhof, Walluf im Rheingau - AK Hessen	"Rosenhof" - Siedlungsprojekt im Zuge der Stadtentwicklung	website	website
W023	DE	Hessen	Goers-Gelände, Friedrichsdorf - AK Hessen	Städtebauliche Neu-ge-staltung auf dem "Goers-Gelände"	website	website
W024	DE	Hessen	Neue Stadtmitte, Neu Anspach - AK Hessen	Neue Stadtmitte, gestaltet als Sozial- und Kulturzentrum	website	website
W025	DE	Hessen	Sieben auf einen Streich, Obertshausen - AK Hessen	Sieben Vorhaben um Hausen und Obertshausen zu verbinden	website	website
W026	DE	Hessen	Lurgiallee, Frankfurt - AK Hessen	Eine Zukunftsstrategie für das Mertonviertel (Lurgiareal)	website	website
W027	DE	Hessen	Gesamtschule Nord+, Kassel - AK Hessen	Erweiterung des Bildungs-campus in Nord (Holland)	website	website

TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang 1.2: Kriteriensammlung.xlsx

WettbewerbID	Land	Bundesland	Link	Name	Auslobung/Aufgaben	Ergebnis
W029	DE	Hessen	Zentrale KVV, Kassel - AK Hessen	Ein zukunftsfähiger und moti-vie-render Verwaltungsstandort	website	website
W030	DE	Hessen	Hellerhöfe, Frankfurt am Main - AK Hessen	Planung eines Quar-tiers und Ideen für eine Grund-schule	website	website
W031	DE	Hessen	Waldenser Mitte, Mörfelden-Walldorf - AK Hessen	Neu-ge-staltung des historischen Zentrums der Waldenser Mitte	website	website
W032	DE	Hessen	Wohnquartier Hasenkopf, Marburg - AK Hessen	Nachhaltiges Wohnen am Hasenkopf in Ockershausen	website	website
W033	DE	Hessen	Konversion Süd-Ost, Griesheim - AK Hessen	Konversion vom Flugplatz zum hochwertigen Wohnquartier	website	website
W034	DE	NRW	https://www.blb.nrw.de/einblicke/wettbewerbe/wettbewerb/neubau-justizzentrum-koeln	Neubau Justizzentrum Köln	pdf	pdf, je Preis
W035	DE	NRW	https://www.blb.nrw.de/einblicke/wettbewerbe/wettbewerb/staedtebaulicher-wettbewerb-suedlich-haroldstrasse	Südlich Haroldstrasse	pdf	pdf, je Preis
W036	DE	Bayern	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-593920.html	Wettbewerb für Stadtquartier auf dem Siemens Campus in Erlangen entschieden	website	website
W037	DE	NRW	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-537755.html	12. Schlaun-Wettbewerb 2023|2024: Ideen für Kölner Stadtachsen	website	website
W038	DE	Berlin	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-519756.html	AIV-Schinkel-Wettbewerb 2024: über:morgen	website	website
W039	AT	Graz	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-491162.html	Städtebaulicher Wettbewerb Raiffeisenstraße ÖBB Areal Ostbahnhof in Graz (AT)	website	website
W040	DE	NRW	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-466928.html	11. Schlaun-Wettbewerb 2022|2023: StadtPlatzPlus - zwischen Kopf und Herz	website	website
W041	DE	NRW	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-423458.html	10. Schlaun-Wettbewerb 2021|2022: Trilogie für Dortmund	website	website
W042	DE	NRW	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-351869.html	9. Schlaun-Wettbewerb 2019|2020: Münster Bahnstadt Süd	website	website
W043	DE	Berlin	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-392815.html	AIV-Schinkel-Wettbewerb 2021 - grossWEST	website	website
W044	DE	NRW	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-304510.html	8. Schlaun-Wettbewerb 2018|2019: Areal Barker Paderborn	website	website
W045	DE	Baden-Württemberg	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-322350.html	Wettbewerb 2 - Bogenviertel Bietigheim-Bissingen	website	website
W046	DE	NRW	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-industriegebaeude-241320.html	6. Schlaun-Wettbewerb 2016|2017: Aachen 2030	website	website
W047	DE	NRW	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-207869.html	5. Schlaun-Wettbewerb 2015|2016: Hamm 2040	website	website

TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang 1.1: Wettbewerbssammlung.xlsx

WettbewerbID	Land	Bundesland	Link	Name	Auslobung/Aufgaben	Ergebnis
W048	DE	Berlin	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-landschaft-und-freiraum-205489.html	AIV-Schinkel-Wettbewerb 2016: Zwischen Teltow und Zehlendorf	website	website
W049	DE	NRW	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-183071.html	4. Schlaun-Wettbewerb 2014|2015, Oberhausen-Sterkrade	website	website
W050	DE	NRW	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-144076.html	3. Schlaun-Wettbewerb 2013|2014, Münster	website	website
W051	DE	Baden-Württemberg	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-28536.html	Städtebaulicher Wettbewerb - Stadtoval Aalen	website	website
W052	AT	Wien	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-25922.html	Städtebaulicher Wettbewerb Entwicklungsgebiet D der ÖBB-Immobilien in Wien	website	website
W053	DE	Sachsen-Anhalt	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-16213.html	Städtebaulicher und freiraumplanerischer Wettbewerb zum Wissenschaftsquartier, Magdeburg	website	website
W054	DE	NRW	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-21424.html	Städtebaulich-freiraumplanerischer Wettbewerb Industriestraße/ Bocholter Aa	website	website
W055	DE	Niedersachsen	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-15378.html	Wettbewerb "Vechtesee - Oorde", Nordhorn	website	website
W056	DE	NRW	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-16035.html	Städtebaulicher Wettbewerb zur Entwicklung des Ackermann-Areals, Gummersbach	website	website
W057	DE	Niedersachsen	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-14649.html	Städtebaulicher und freiraumplanerischer Wettbewerb "Allerufer", Verden Aller	website	website
W058	DE	NRW	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-13879.html	Kö-Bogen 2. Bauabschnitt: Internationaler städtebaulich-freiraumplanerischer Wettbewerb, Düsseldorf	website	website
W059	DE	NRW	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-12921.html	Städtebaulicher und freiraumplanerischer Wettbewerb Kernbereich Bethel, Bielefeld	website	website
W060	DE	Niedersachsen	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-10250.html	Begrenzter städtebaulicher und freiraumplanerischer Wettbewerb "Alter Stadthafen"	website	website
W061	DE	Berlin	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-11743.html	Städtebaulicher Wettbewerb für das ehemalige Wertheim-Areal am Leipziger Platz	website	website
W062	DE	Baden-Württemberg	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-landschaft-und-freiraum-566441.html	Neugestaltung Mobilitätsknoten und Bahnhofsumfeld Hessental in Schwäbisch Hall	website	website
W063	DE	Baden-Württemberg	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-569934.html	Neugestaltung Hermle-Areal in Gosheim	website	website
W064	DE	Schleswig-Holstein	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-landschaft-und-freiraum-578883.html	Neugestaltung Ortsmitte in Hohenwestedt	website	website

TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang A.1: Wettbewerbssammlung.xlsx

WettbewerbID	Land	Bundesland	Link	Name	Auslobung/Aufgaben	Ergebnis
W065	DE	Bayern	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-570525.html	Quartiersentwicklung Altort in Thalmässing	website	website
W066	DE	Baden-Württemberg	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-550028.html	Entwicklung Inklusives Quartier Rappertshofen in Reutlingen	website	website
W067	DE	Berlin	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-558026.html	VFA - Studierendenwettbewerb 2024 - „Wohnen am Bahndamm“, Berlin	website	website
W068	DE	Sachsen	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-548925.html	Neues Stadtquartier Heiterblick-Süd in Leipzig	website	website
W069	DE	Hessen	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-520252.html	Städtebauliche Entwicklungsmaßnahme Ostfeld in Wiesbaden	website	website
W070	DE	NRW	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-558978.html	Städtebauliche Entwicklung zwischen Janup und Löhrstraße in Herford	website	website
W071	DE	Bayern	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-561251.html	Weiterentwicklung Bereich Alter Bauhof, Feuerwehr und Lodererplatz in Erding	website	website
W072	DE	Bayern	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-546558.html	Quartiersentwicklung Konradsiedlung in Regensburg	website	website
W073	DE	Hamburg	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-550457.html	Städtebauliche Neuordnung Areal Kieler Straße / Volksparkstraße in Hamburg Stellingen	website	website
W074	DE	Sachsen	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-560811.html	Städtebauliche Entwicklung Bahnbogen Leutzsch in Leipzig	website	website
W075	DE	Baden-Württemberg	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-545895.html	Konzeptentwicklung Logistikhub für die Stadtregion Freiburg im Breisgau	website	website
W076	DE	Baden-Württemberg	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-551967.html	Entwicklung Quartier am Zoll in Lörrach	website	website
W077	DE	Baden-Württemberg	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-521686.html	Quartiersentwicklung Sindelfinger Krankenhausareal	website	website
W078	DE	Bayern	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-539859.html	Entwicklung Stadtquartier Oberer Schaltengarten in Neuendettelsau	website	website
W079	DE	Niedersachsen	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-580122.html	Gestaltung Wohn- und KreativQuartier Großer Hof in Braunschweig	website	website
W080	DE	Baden-Württemberg	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-534021.html	Quartiersentwicklung Nördliche Bahnstadt Ravensburg	website	website
W081	DE	Bayern	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-572751.html	Neuordnung und Entwicklung Markgrafenareal und Postareal in Schwabach	website	website
W082	DE	Bayern	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-543634.html	Entwicklung Baugebiet Schwabenleite in Neuhaus Adelsdorf	website	website

TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang A.1: Wettbewerbssammlung.xlsx

WettbewerbID	Land	Bundesland	Link	Name	Auslobung/Aufgaben	Ergebnis
W083	DE	NRW	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-541411.html	Quartiersentwicklung Im Rosenfeld in Bonn	website	website
W084	DE	NRW	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-541565.html	Gesamtkonzept Urbanes Dorf Lörick in Düsseldorf	website	website
W085	DE	Baden-Württemberg	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-525507.html	Ankunftszentrum für Flüchtlinge auf dem Areal Patrick-Henry-Village (PHV) in Heidelberg	website	website
W086	DE	NRW	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-527392.html	Entwicklung St. Augustinus Campus in Neuss	website	website
W087	DE	NRW	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-539479.html	Münster Modellquartier MMQ 3 Theodor-Scheiwe-Straße	website	website
W088	DE	NRW	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-536793.html	Quartiersentwicklung Pottacker in Hattingen	website	website
W089	DE	Baden-Württemberg	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-536303.html	Quartiersentwicklung Am Fischbergele in Göppingen	website	website
W090	DE	NRW	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-532286.html	Entwicklung Karl-Wildschütz-Platz in Fröndenberg/Ruhr	website	website
W091	DE	NRW	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-535260.html	Revitalisierung Brinkhaus-Areal in Warendorf	website	website
W092	DE	Bayern	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-534905.html	Wohnungsbau auf dem ehemaligen Areal der Vinzenz-Pallotti-Schule in Friedberg (Bayern)	website	website
W093	DE	Bayern	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-507506.html	Umwandlung Fliegerhorst Fürstenfeldbruck in ein Wohn- und Arbeitsquartier	website	website
W094	DE	Bayern	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-529945.html	Neue Dorfmitte Neuhausen, Offenberg	website	website
W095	DE	Bayern	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-523109.html	Städtebauliche Entwicklung An der Alm in Markt Giebelstadt	website	website
W096	DE	Sachsen	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-511791.html	Gebietsentwicklung Alter Leipziger Bahnhof in Dresden	website	website
W097	DE	Niedersachsen	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-544286.html	Quartiersentwicklung BRAWO City in Wolfsburg	website	website
W098	DE	Baden-Württemberg	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-529301.html	Städtebauliche Entwicklung Gewerbegebiet Lauffenmühle in Lörrach	website	website
W099	DE	NRW	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-510747.html	Münster Modell Quartier MMQ 2 Busso-Peus-Straße	website	website
W100	DE	Bayern	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-512912.html	Neuentwicklung Stadtquartier Am Weihersberg in Stein	website	website

TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang A.1: Wettbewerbssammlung.xlsx

WettbewerbID	Land	Bundesland	Link	Name	Auslobung/Aufgaben	Ergebnis
W101	DE	NRW	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-498701.html	Stadtteilentwicklung Nördlich Osttor in Münster-Hiltrup	website	website
W102	DE	Sachsen	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-508906.html	Quartiersentwicklung Matthäikirchhof Leipzig	website	website
W103	DE	NRW	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-503606.html	Entwicklung Areal Nördlich Kalkumer Schloßallee in Düsseldorf	website	website
W104	DE	Baden-Württemberg	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-541898.html	Städtebauliche Entwicklung Hübschäcker in Radolfzell	website	website
W105	DE	Baden-Württemberg	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-512964.html	Quartiersentwicklung Reichenhalden in Empfingen	website	website
W106	DE	Niedersachsen	https://www.competitionline.com/de/news/ergebnisse/wettbewerbsergebnis-staedtebau-505489.html	Städtebauliche Neuordnung Bahnhofstraße und Rathausviertel in Lehrte	website	website
W107	AT	Salzburg	https://www.architekturwettbewerb.at/competition/staedtebauliches-leitkonzept-lofererstrasse-saalfelden/2644/decision	Städtebauliches Leitkonzept Lofererstraße, Saalfelden	pdf	pdf

TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang A.2: Kriteriensammlung.xlsx

KriteriumID	Kriterium Name	Aufgaben Text Beispiel
K001	Nutzungsmischung	städtebauliche Antwort auf sehr unterschiedliche Nachbarschaften (W100); "soll ein neues lebendiges Münster Modellquartier 2 in einer dichten, vitalen Mischung aus Wohnen, Wissenschaft und Forschung, sowohl im gesamten Quartier als auch nach Möglichkeit in den einzelnen Baufeldern entstehen.“(W099); "[...] die Schaffung eines gemischt genutzten und durchgrünten Stadtquartiers in einer dem Standort angemessenen Struktur und städtebaulichen Dichte festgelegt." (W096); "[...] eine qualitätsvolle Mischnutzung [...]" (W094) "[...] neuen Raum für Wohnen und Arbeiten schafft [...]" (W093); "[...] Wohnnutzung, die durch belebende Funktionen im Erdgeschoss flankiert werden soll." (W090); "Abteilungen der Stadtverwaltung künftig an diesem Standort zu konzentrieren und hier – neben anderen Nutzungen - ein neues Verwaltungszentrum (NVZ) zu errichten. " (W089); "[...] die Realisierung eines urbanen und gemischt-genutzten Gebiets geplant." (W087); "Das Prinzip der kurzen Wege, neue Wohnformen und flexible Bauweisen sowie ausreichend Grün- u Freiflächen sind von Bedeutung, um nachhaltig zu wachsen." (W084); "[...] integrierten Planungsansatzes mit vielfältigen Akteur*innen [...]" (W083); "[...] multifunktionaler Raum entstehen [...]" (W081); "[...] urbanen Nutzung mit einem Schwerpunkt auf Wohnen [...]" (W080); "[...] Wohn- und Kreativquartier [...]" (W079); "[...] nachhaltiges, attraktives, innovatives, sowie durchmischtes und durchgrüntes Stadtquartiers [...]" (W078); "[...] ergänzende Nutzungsmischung [...]" (W077); "[...] durchmischten Quartiers mit einer Nutzungsmischung [...]" (W076); "[...] für Wohn-, Gewerbe- und Freizeitflächen [...]" (W075), "[...] neuen Nutzungen zuzuführen, die durch Wohnen, Arbeiten und Bildung bestimmt sind." (W074); "[...] unterschiedlichen Nutzungsangeboten [...]" (W073); "[...] mit Funktionsvielfalt [...]" (W071); "[...] gemischte Nutzung von Wohnen und Dienstleistung [...]" (W07 "[...] ausgewogener Mix aus Wohnen, Arbeiten, Freiflächen und Biotopflächen herzustellen." (W069); "[...] bedarfsgerechte Funktionsmischung [...]" (W068); "[...] Durchmischung v verschiedenen Wohnformen [..]" (W065); "[...] anvisierten Nutzungsmischung [...]" (W061); "[...] Quartier für Wohnen, Dienstleistung und Freizeit [...]" (W060); "[...] ehemalig hauptsächlich von der Textilindustrie genutzten Grundstücken ein neues städtisches Gefüge für Wohnen, Kultur, Freizeit und Arbeiten entstehen." (W054); "[...] Funktionen Wohner Arbeiten und Erleben miteinander verknüpfen [...]" (W051); "[...] funktionierenden Nahversorgung mit Einzelhandel, Gastronomie, Kultur für ein Stadtquartier von hoher Internationalität." (W050); "[...] funktionale Mischung ermöglichen." (W048); "[...] Plangebiet ist extrem heterogen [...]" (W046); "[...] Flächenangebote für verschiedene Nutzunger [...]" (W045); "[...] innovative Nutzungsmischungen [...]" (W043); "[...] Mix von Wohnen, Dienstleistungen, Arbeiten, Gewerbe, Discountern, etc. [...]" (W042); "[...] Mischung von Kultur, Business und Einwohnern anzuziehen [...]" (W040); "[...] gemischten Nutzung mit Wohnen, Handel, Dienstleistung, Büro und Gastronomie [...]" (W039); "[...] attraktiven Nutzungsmischung aus Einzelhandel, Gewerbe, Dienstleistung und Wohnen.“ (W001); "[...] mit verschiedenen Nutzungen [...]" (W002); "[...] eine möglichst vielfältige verträgliche Nutzungsmischung aus sozialen/gemeinbedarflichen Einrichtungen (z.B. Kiezraum, Kita, JFE) und belebenden Nutzungen wie Gastronomie, Nahversorgung oder Kreativwirtschaft/Kultur entstehen.“ (W004); "[...] Wunsch nach Diversität [...]" (W009); "[...] angestrebten Wohnungsmix [...]" (W010); "[...] Entwicklung eines mischgenutzten Gebäudes [...]" (W013); " In hoher räumlicher Dichte sollen Arbeit, Wohnen, Bildung, Kultur, Versorgung und Freizeitgestaltung vernetzt stattfinden." (W014); "[...] vielfältige Nutzungsmischung aus Wohnen, Arbeiten, Einkaufen und Erholen [...]" (W015); "[...] Mischung der Funktionen [...]" (W017); "[...] ausgewogenen Mix aus Wohnen, Arbeiten, Freiflächen und Biotopflächen herzustellen." (W018); "[...] Quar-tier mit Mischnutzung [...]" (W019); " Vielfältiges Wohnen und soziale Durchmischung [...]" (W021); "[...] Mehrfachnutzungen er-mög-lichen [...]" (W024); "[...] mischgenutzten Quar-tie-ren [...]" (W026); "[...] gemischt genutztes Viertel [...]" (W030); "[..] soll die Wohnnutzung in den Erdgeschosszonen um Gemeinbedarfseinrichtungen, Büros, Kleingewerbe, Gastronomie oder Nahversorgung (Bäcker, Kiosk, Metzger etc.) ergänzt werden." (W033); "[...] verschiedenen zukünftigen Nutzer [...]" (W035); "[...] vielfältiges und nachhaltiges Lebensumfeld [...]" (W036); "[...] gemischten Quartier [...]" (W102);
K002	Klimaschutz- & anpassung	"[...] Klimaschutz und -anpassung im Quartier[...]" (W100); „Dabei sind auch die Ziele der Klimaanpassung zu berücksichtigen u.a. für Hitze, Starkregen (z.B. Schwammstadt).“ (W098 "[...] wegweisend in Bezug auf Klimaschutz und -anpassung ist." (W093); "Weiterhin wird eine progressive und ambitionierte städtebauliche Konzeption im Hinblick auf energetische Standards, Klimafolgenanpassung sowie die Organisation und infrastrukturelle Förderung der Nahmobilität erwartet.“ (W088); " Maßnahmen für die Klimaanpassung und den Klimaschutz sollen von Anfang an in der Quartiersentwicklung berücksichtigt werden." (W084); "[...] nachhaltiger Umgang mit Regenwasser (z.B. Schwammstadt) [...]" (W079); "[...] klimaangepasster und -resilienter Städtebau [...]" (W068); "[...] Ansprüche an die Klimaanpassung [...]" (W065); "[...] Klimaanpassung [...]" (W044); "[...] Klimaanpassung und Klimaresilienz [...]" (W040); "[...] Berücksichtigung der gängigen Klimaanpassungsstrategien entwickelt werden." (W014); "[...] Klimaanpassung und Regenwassermanagement [...]" (W017); "[...] Innovative Konzepte zu Klima-schutz und Klima-an-passung [...]" (W020); "[...] Klima-Aktionsplan entwickelt, der als Grundlage für das zukünftige Handeln [...]" (W032) "[...] maximale Reduzierung der CO2-Emissionen im gesamten Gebäudebereich." (W034); "[...] Maßnahmen besonders wichtig und tragen zur Klimaanpassung bei [...]" (W035); " Klimawandel, Ressourcenknappheit, gesellschaftliche Veränderung und die Mobilitätswende sind nur einige der Themen, mit denen sich Planende heute beschäftigen müssen." (W038); "[...] unter der Prämisse des Klimaschutzes und der Klimafolgeanpassung [...]" (W103);

TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang A.2: Kriteriensammlung.xlsx

K003	Zukunftsfähige Mobilität	"[...] Zukunftsorientiertes Mobilitätskonzept[...]" (W100); "[...] zukunftsfähigen Mobilitätskonzepts" (W093); „Weiterhin wird eine progressive und ambitionierte städtebauliche Konzeption im Hinblick auf energetische Standards, Klimafolgenanpassung sowie die Organisation und infrastrukturelle Förderung der Nahmobilität erwartet.“ (W088); "[...] zukunftsfeste Mobilität [...]" (W078); "[...] Lösungsansätze zu den Fragen der zukünftigen Mobilität [...]" (W077); "[...] nachhaltige Mobilitätsformen [...]" (W068); "Neue Erschließur mit Parkraumgestaltung/-konzept." (W065); "[...] der flächensparenden und kostengünstigen Erschließung sowie des ruhenden Verkehrs [...]" (W057); "[...] Fuß- und Radwegebeziehungen [...]" (W051); "[...] Entwicklung eines Fahrrad- und Fußwegenetzes in die umliegenden Quartiere [...]" (W050); "Durch eine größere Zahl an Durchwegungsmöglichkeiten im Planungsgebiet soll der Fuß- und Radverkehr gestärkt werden." (W004); "[...] zukunftsgerichteten Mobilitätskonzepts ist bei der Freiraumplanung auch eine sehr gute Vernetzung mit den bestehenden ÖPNV-Netzen und eine Stärkung des Umweltverbundes (Fuß, Rad, ÖPNV) gewünscht." (W008); " Der Radverkehr ist prioritär z behandeln. Quantitativ und qualitativ hochwertige Abstellmöglichkeiten für alle Arten von Fahrrädern sollten ausreichend und gut erreichbar verortet werden, bspw. auch innerhalb eines Mobilitätshauses." (W013); "[...] 0,2 öffentliche Fahrradbesucherstellplätze pro WE bzw. 100 m² BGF Wohnnutzung [...]" (W014); "[...] Carsharing Angebote, Leihfahrräder, Lastenräder, attraktive und sichere Radabstellanlagen sowie die Nutzung von Elektromobilität durch die Installation von Ladeinfrastruktur." (W015); "[...] sichere und qualitätvolle Verkehrsführung für Fußgänger*innen und Radfahrende." (W019); "[...] attraktiven Verbindungsachse zwischen den beiden Einzel-handelsstandorten [...]" (W023); "[...] Chance ein Neuordnung der verkehrlichen Erschließung genutzt werden." (W024); "Es ist ein Haupteingang mit Vorfahrt und fünf temporären Parkplätzen erforderlich. Die repräsentativen Außenflächen werden dem Fuß- und Radverkehr vorbehalten." (W035); " Klimawandel, Ressourcenknappheit, gesellschaftliche Veränderung und die Mobilitätswende sind nur einig der Themen, mit denen sich Planende heute beschäftigen müssen." (W038); "[...] Verknüpfung des fließenden Verkehrs unter besonderer Berücksichtigung der Fußgänger, Radfahre und allgemeinen Sicherheit [...]" (W107); "[...] Autoarmut, umweltfreundliches Mobilitätskonzept [...]." (W083); "[...] Fußwege mit ca. 4.000 m2 Fläche." (W081); "[...] klares Bekenntnis zur sanften Mobilität über die Fuß- und Radwegevernetzungen [...]" (W079); "[...] Verlegung des Autoverkehrs unter die Erde [...]" (W058); "[...] Rad- und Fußwege [...]" (W055); "[...] Immer noch gibt es große Flächen in der Innenstadt, die als KFZ-Stellplätze genutzt werden, und der Verkehr quält sich immer noch mitten durch das Stadtzentrum."(W047); "Fuß-und Radverkehr soll optimiert und gestärkt [...]" (W040); "[...] verkehrlichen und immissionsbedingten Rahmenbedingungen [...]" (W039); "[...] das Fahrrad als Verkehrsmittel erster Wahl zu fördern." & " Es soll ein autoarmes Quartier entstehen, was sich auch in einem reduzierten Stellplatzangebot wiederspiegelt." (W001); "Es ist erklärtes Ziel der Entwicklung, den motorisierten Individualverkehr aufgrund der hervorragenden Lage und Anbindung an den ÖPNV auf ein absolutes notwendiges Minimum zu reduzieren." (W002); "Fahrbahnen bzw. befahrbare Wege und sonstige Flächen sollen auf ein notwendiges Minimum reduziert werden. " (W004); "[...] Quartier soll weitgehend autofrei konzeptioniert werden." (W009); "[...] PKW-Verkehre zu minimieren und ein Schwerpunkt auf die Nutzung von Rad und anderen alternativen Mobilitätsformen (z.B. Car-Sharing) zu legen." (W013); "[...] nachhaltig organisierte Mobilität und die Minimierung von Autoverkehr zu berücksichtigen." (W014); "[...] notwendigen Stellplatz-Kompensationen für wegfallendes Parken sowie die PKW-Stellplätze für die neuen Nutz-Geschossflächen in einer baulichen Mobilitätsstation / Quartiersgarage verträglich unterzubringen [...]" (W079 "[...] Neuordnung des ruhenden Verkehrs, Nachnutzung überkommender Parkhausstrukturen [...]" (W050); "[...] Grundsätzlich sind keine PKW Stellplätze auf EG-Ebene im Außenraum vorzusehen [...]" (W002); "[...] Private Stellplätze für die Wohnnutzung sollen daher nicht vorgesehen werden." (W004); "[...] Reduzierung des Stellplatzschlüssels auf 0, Stellplätze pro Wohneinheit an." (W010); "[...] erhebliche Reduzierung des Stellplatzschlüssels zugunsten von alternativen Mobilitätsmanagementmaßnahmen geplant." (W014); "[.. Stellplätzen die zu realisierende Anzahl an Plätzen reduziert [...]" (W015);
K004	Anteil Grünflächen	Auf einer Fläche von ca. 19 ha sollen neben einem hohen Wohnanteil und standortgerechtem Gewerbe auch eine Quartiersmitte, ein Hotel, eine Veranstaltungshalle, ein Mobilitätshub und Parkhäuser sowie Grün- und Freiflächen entwickelt werden (W100); "[...] die Schaffung eines gemischt genutzten und durchgrünten Stadtquartiers in einer dem Standort angemessenen Struktur und städtebaulichen Dichte festgelegt." (W096); "attraktiven Freiraumkonzepts, dass einerseits den Ansprüchen des Natur- und Artenschutzes Rechnung trägt und andererseits dem Erholungsbedürfnis der Bevölkerung gerecht wird." (W093); "[...] ausreichend Grün- und Freiflächen [...]" (W084); "[...] klimaangepassten und biodiversen Freiraumgestaltung [...]" (W078); "[...] hohen Grünflächenanteil [...]" (W068); "Gestaltung hochwertiger Freiflächen und Grünstrukturen" (W065); "Erhöhung des Grünflächenanteils [...]" (W050); "[...] Ausbildung von Freiräumen [...]" (W048); "[...] Ausarbeitung der Freiflächen und öffentlich nutzbaren Zonen [...]" (W039); "Für wohnungsnahe Grünflächen ist der Richtwert von 6 m² (brutto) je Einwohner:in zugrunde zu legen.“ (W001); "[...] neue Freiraumangebote zu schaffen [...]" (W008); "Für die gemeinschaftlich nutzbaren Frei- und Grünflächen von gilt es, eine hohe Aufenthaltsqualität zu entwickeln. Als Orientierungswert sind mindestens 6 m2 pro anwohnender Person (bei durchschnittlic 45 m² Wohnfläche/ Person) anzusetzen." (W013); "[...] Durchgrünung des Steingut-Geländes, gemeinschaftlichen Grün- und Freiflächen [...]" (W014); "[...] 6 m2 pro Bewohner/-in und 1,5 m² pro Beschäftigte/n" (W015); "[...] Das Konzept soll ein möglichst großes Grünvolumen ermöglichen." (W035);

TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang A.2: Kriteriensammlung.xlsx

KriteriumID	Kriterium Name	Aufgaben Text Beispiel
K005	Einbettung in die Umgebung	Die Einbindung des neuen Quartiers in den Stadt- und Landschaftsraum soll unter Einbeziehung benachbarter Bereiche im Umfang von weiteren 10 ha aufgezeigt werden (W100); „Das Wettbewerbsgebiet an der Busso-Peus-Straße soll über den Kinderbachbogen mit dem weiteren Modellquartier an der Steinfurter Straße und über die Kernstadt hinweg mit d Modellquartieren im Bereich des Dortmund-Ems-Kanals, im Kontext einer weiterwachsenden Stadt, stadträumlich und funktional in Beziehung gesetzt werden.“ (W099); Ein großes Augenmerk liegt dabei auf dem Grundsatz der Nachhaltigkeit des Vorhabens und der Integration des Areals in die umgebende Stadtstruktur. (W098); „Im Zusammenspiel mit den vorhandenen Hochhäusern in unmittelbarer Umgebung (Wolfsburger Nordkopf Tower WNT, Europahochhaus, Berliner Haus) soll ein gut platzierter Hochpunkt im Quartier das Prof des Nordkopfs als Dreh- und Angelpunkt der nördlichen Innenstadtentwicklung städtebaulich schärfen und zur Orientierung im Stadtraum beitragen.“(W097); "[...] sollen die im Gebiet vorhandenen, zum großen Teil denkmalgeschützten Bestände sowie vorhandenen Nutzungen aufgegriffen und mit neuen, tragfähigen Strukturen zu einem städtebaulich schlüssigen Ganzen zusammengefügt werden.“ (W096); "[...] eingebunden in das bestehende Ortsbild." (W094); "[...] Verknüpfung mit der Kernstadt." (W093); "Die Körnung und Höhenentwicklung der zu planenden Gebäude soll die bestehende Bebauung im Nordwesten weiterentwickeln." (W092); „Die Stadt Warendorf hat sich daher das Ziel gesetzt, auf dem Brinkhausgelände ein zukunftsfähiges, lebenswertes Quartier [...] zu schaffen, das funktional und städtebaulich an vorhandene Bebauung angebunden ist.“ (W091); "[...] die zukünftige Bebauung und Nutzung des Karl-Wildschütz-Platzes in den innerstädtischen Kontext einfügt [...]" (W090); "„Nun müssen Lösungen gefunden werden, wie diese Nutzung i den zu erhaltenden Gebäudebestand der ehemaligen Fabrik integriert und durch neue Gebäude ergänzt werden kann.“ (W089); „Angesichts der integrierten Lage im Zentrum Hattingens liegt ein Fokus der Aufgabe im Aufgreifen räumlich-funktionaler Bezüge.“ (W088); "Schaffung von Synergieeffekten zwischen dem vorhandenen Stadt- und Freiraum." (W084); "[...] für den ländlichen Raum maßstabsgerechten Bauformen werden." (W082); "[...] städtebaulichen Einbeziehung [...]" (W079); "[...] Vernetzung mit den angrenzenden Siedlungsgebieten und der Kernstadt [...]" (W077); "[...] die Flächen zum Vorteil des bestehenden Umfelds zu gestalten [...]" (W070); "[...] Einbettung der Siedlungsfläche [...]" (W06 "Die Qualitäten der Gartenstadt Orschel-Hagen sollen als urbanes Dorf fortgeführt und ergänzt werden. " (W066); "[...] Berücksichtigung der ortsräumlichen und ortsgestalterischen Situation." (W065); "[...] strukturellen Einbindung [...]" (W059); "[...] eine städtebauliche Akzentuierung, die insbesondere im Umfeld der Solitäre des Drei-Scheiben-Hauses und des Schauspielhauses eine besondere Prägnanz für Düsseldorf bekommen können." (W058); "[...] Verbindung zwischen “Wohnen in der Stadt“ und dem direkten Bezug zu Freiraum und Landschaft [...]" (W056); "[...] Anbindung an die Innenstadt, städtebauliche Verbindungen [...]" (W055); "[...] beide Teile städtebaulich und freiräumlich enger zu verknüpfen [...]" (W054); "[...] ortsadäquate Stadtentwicklung [...]" (W052); "[...] Qualifizierungs- und Verknüpfungspotentiale dieses Stadt- und Landschaftsraumes mit seiner Umgebung [...]" (W043 "Entsprechend der stadträumlichen Lage soll ein modernes, urbanes Stück Münster geplant werden." (W042);

TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang A.2: Kriteriensammlung.xlsx

Kriterium ID	Kriterium Name	Aufgaben Text Beispiel
		"Die unmittelbare Nähe zwischen dem Planbereich und dem Innenhafen sollte städtebaulich aufgegriffen und herausgearbeitet werden." (W040); "Für das Gesamtensemble besteh der Anspruch, sich städtebaulich angemessen, schlüssig und robust auf der von Verkehrstrassen umgebenen Grundstück zu präsentieren [...]" (W002); "[...] Einbindung in den stadträumlichen Kontext [...]" (W004); " Die daraus resultierende städtebauliche Dichte muss verträglich in die Umgebung integriert werden." (W008); "[...] e bei Wahrung des Quartiersgedankens." (W009); "[...]im Kontext mit seiner Umgebung findet." (W010); "[...] verträglicher in die Umgebung einbetten muss." (W013); "[...] städtebauliches Grundgerü entstehen, das sich in die Umgebung einfügt, den Charakter des Gebiets weiterträgt und Eigenständigkeit erlangt." (W014); "Vernetzung der Ortsteile Hemelingen, Hastedt und Sebaldsbrück" (W015); "[...] Gegenüber dem Baudenkmal ist eine angemessene städtebauliche und architektonische Haltung zu entwickeln [...]" (W017); "[...] Freiraumnutzungen sollen zukünftig mit der bestehenden Bebauung und dem Verkehrskonzept korrespondieren." (W019); "[...] und seinem unmittelbaren Umfeld [...]" (W020); "[...] harmonische Einfügung in den Bestand [...]" (W022); "[...] optimal mit der Umgebung vernetzt." (W026); "[...] fügt sich gut in die Körnung des heterogenen städte-bau-lichen Kontextes ein." (W029); "[...] Anschluss an die Nachbarbebauung überzeugend gelöst." (W031); "[...] dass das charakteristische und unverwechselbare Stadtbild Kölns auch für die Zukunft bewahrt wird." (W034); "[...] positiven Beitrag für das umgebende Stadtquartier [...]" (W035); "[...] Bezug zur Umgebung in der unmittelbaren Nachbarschaft [...]" (W107); "Das Wettbewerbsgebiet ist eingebunden in ein tlw. bereits vorhandenes und ein tlw. noch in Planung befindendes Radwegenetz unterschiedlicher Ebenen." (W001); "[...] Ideen entwick werden, um die fußläufigen Verbindungen zur vielfältigen Nachbarschaft zu qualifizieren." (W002); " Das Grundstück für die Schwerpunktfeuerwache muss unabhängig sowohl vom Baugrundstück Bürodienstgebäude (BDG), wie auch unabhängig von der weiteren Liegenschaft AFF60 erschlossen werden." (W007); "[...] Anbindung des Quartiers an die Fuß- und Radverkehrsbeziehungen der Umgebung." (W013); "[...] feinteilige Vernetzung von Rad- und Fußverkehr in die umliegenden Quartiere vorsieht [...]" (W014); "[...] verbesserte fußläufige Anbindung an den Allerhafen vorgesehen." (W015); "[...] Verknüpfung des fließenden Verkehrs [...]" (W107); "[...] Plangebiet spielen daher die Bezüge zu den umliegende Grün- und Freiflächen eine besondere Rolle." (W004); "Verknüpfung und Ergänzung der umliegenden Freiräume" (W015); "[...] insbesondere den Landschaftsbezug als besonderes positives Merkmal heraus." (W018); "[...] Erhaltung, Weiter-entwicklung und Qualifizierung der urbanen Grün- und Freiräume." (W020); "Freiflächen sind in engem Bezug zum angrenzenden Park und den öffentlichen Grünflächen entlang der Ahna zu konzipieren." (W027); "[...] direkten Lage am Übergang zum Naturschutzgebiet [...]" (W033); "Weiterführung des Inneren Grüngürtels [...] miteinander in Einklang zu bringen." (W034); "[...] Einbindung in verschiedene bedeutende Grünzüge [...]" (W035);
K006	Lärmschutz	Schutz der Wohnbebauung vor Verkehrs-, Anlagen- und Freizeitlärm (W100); " Städtebaulicher Lärmschutz (Neubaustrecke Rheintalbahn und Ausbau Autobahn A 5)." (W075); "[...] Lärmschutznotwendigkeiten [...]" (W073); "[...] schalltechnische Abgrenzung der Bahnlinie zur Bebauung [...]" (W049); "Lärmemissionen und -immissionen: Das Wettbewerbsgebiet wird durch den Straßenverkehr auf den bestehenden Hauptverkehrsstraßen auf dem geplanten Netzelement N 1 und durch die Straßenbahntangente Pankow / Straßenbahnverlängerung M2 stark belastet werden." (W001); "Auf das Projektgebiet entlang der Invalidenstraße sind Lärmpegel von 65 bis 75 dB(A) gemessen worden.“ (W002); "[...] Aspekte (insb. städtebaulicher Lärmschutz!) zu berücksichtigen.“ (W004); "[...] lärmzugewandten Gebäudeseite zuzuordnen [...]" (W010); " Die Untersuchung kommt zu dem Schluss, dass bei beiden geprüften Varianten schallschutztechnische Maßnahmen erforderlich werden." (W013); "das Aufzeigen von Lösungsmöglichkeiten zum Umgang mit den Lärmemissionen der Bahn und Autobahn" (W014); "[...] schalltechnischen Untersuchung zu entnehmen [...]" (W015); "[...] diese Außenwohnbereiche vor Lärm zu schützen sind." (W017); "[...] integrierten Lärmschutz [...]" (W025); "[...] wohnverträglichen gewerblichen Nutzungen." (W030); "[...] durch einen passiven Schallschutz auf die Überschreitung der Orientierungswerte zu reagieren." (W034);

TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang A.2: Kriteriensammlung.xlsx

KriteriumID	Kriterium Name	Aufgaben Text Beispiel
K007	Dichte	„Die zeitgemäße Herausforderung liegt auch in einem möglichst hochgradig zu mischenden Quartier mit einer zu überprüfenden Ziel-Bruttogeschossfläche von ca. 167.000 qm.“ (W099); "[...] die Schaffung eines gemischt genutzten und durchgrünten Stadtquartiers in einer dem Standort angemessenen Struktur und städtebaulichen Dichte festgelegt." (W09 "[...] künftige Baugebiete nicht mehr im herkömmlichen Sinn als reine Einfamilienhausgebiete auszuweisen. Vielmehr sollen an der landschaftlich geprägten Ortsrandsituation innovative und zukunftsfähige Siedlungsentwicklungen stattfinden, die besonders dem Flächensparen und der Klimagerechtigkeit verpflichtet sind." (W095); "[...] verdichteter Wohnungsbau entwickelt werden." (W092); "[...] in einer dichten, vitalen Mischung aus Wohnen und Arbeiten, sowohl im gesamten Quartier als auch in den einzelnen Gebäuden entstehen." (W087); "Flächeneffizienz und Schaffung einer angemessenen städtebaulichen Dichte." (W084); "[...] flächenschonenden [...]" (W082); "[...] umweltschonende städtebauliche Dichte (Umgang mit Grund und Boden) [...]" (W078); "[...] hohen städtebaulichen Dichte [...]" (W069); "[...] Wohnungsbau mit höherer städtebaulicher Dichte [...]" (W068); "[...] Auseinandersetzung mit Flächenverbrauch und Dichte [...]" (W048); "[...] angemessene Bebauungsdichte [...]" (W001); "[...] Um dem Ansatz der hohen Dichte und der Funktionsmischung gerecht werden zu können, ist es möglich und auch erwünscht verschiedene Nutzungen zu stapeln und zu schichten [...]" (W002); "In hoher räumlicher Dichte sollen Arbeit, Wohnen, Bildung, Kultur, Versorgung und Freizeitgestaltung vernetzt stattfinden." (W014); "[...] entsprechenden baulichen Dichte [...]" (W015); "[...] eine angemesser Dichte und städtebauliche Körnung [...]" (W021); "Diese erforderliche bauliche Dichte wird eine Hochhausbebauung notwendig machen" (W035); [...] angemessene Körnung [...]" (W036); "[...] entgegen der jetzigen Bebauung eine höhere Dichte aufweisen kann." (W107);
K008	(Anteil) gefördertes Wohnen	„sind im Programm zum Wettbewerb auch geförderte Wohnangebote, einschließlich zugehöriger Anteile für Studierende vorgesehen.“(W099); "[...] Bedarf an günstigem und gefördertem Wohnraum gerecht werden." (W092); "[...] finanziell leistbares Wohnen auf der Grundlage der "Sozialgerechten Bodennutzung Münster" (SoBoMü)" (W087); "[...] min 50 % geförderter Wohnraum [...]" (W083); "[...] preisgedämpfter Wohnungsbau [...]" (W076); "[...] hoher Anteil an bezahlbaren Wohnungen [...]" (W068); "[...] bezahlbarem Wohnraum [...]" (W044), "[...] leistbarem und bedarfsgerechtem Wohnraum [...]" (W004); "[...] geförderte Wohnungsbau [...]" (W010); "[...] 30% gefördertem Wohnungsbau [...]" (W014); "30 % geförderter Wohnraum (Geschosswohnungsbau)" (W015); "[...] Sozialwohnungsquote von 30 % aller neugeplanten Wohneinheiten ist zu berücksichtigen." (W017); "[...] bezahlbarem Wohnraum [...]" (W032); "[...] bezahlbarer Wohnraum vorgesehen." (W105);
K009	BGF	„Die zeitgemäße Herausforderung liegt auch in einem möglichst hochgradig zu mischenden Quartier mit einer zu überprüfenden Ziel-Bruttogeschossfläche von ca. 167.000 qm.“ (W099); " insgesamt ca. 2.000 m2 BGF" (W081); "[...] Wohnungen mit ca. 8.500m2 BGF [...]" (W076); "[...] ca. 70 ha (brutto) [...]" (W069); "[...] Lebensmittelmarkt mit einer Verkaufsfläche von rd. 1.100 m² zzgl. 20 % Nebenflächen für Lager und Personal, das entspricht einer BGF von insgesamt rd. 1.800 m² [...]" (W001); " Die Schule soll als Compartmentschule mit einer BGF von ca. 12.200r (ohne Technikfläche) mit einer Sporthalle von 1.770 m² BGF ausgeführt werden." (W002); "ca. 1000 m² BGF Kita im EG ca. 1.000 m² Freifläche Kita" (W004); "[...] (BGF) vonrund 40.500m² auszugehen." (W00 "[...] e BGF sollte den Wert von 24.000 m² nicht überschreiten." (W009); "[...] BGF von rd. 24.300 m²." (W010); "[...] ca. 18.500 m² BGF R oberirdisch." (W013); "[...] BGF von rd. 120.000 m² [...]" (W014); "[...] BGF-Anteil in Höhe von mind. 30 % für Gewerbe und Urbane Produktion erreicht wird." (W015); "[...] 12.350 m² BGF (oberirdisch, ohne evtl. Warft-/ Sockel- oder Untergeschosse) [...]" (W017); "[...] (BGF) von insgesamt ca. 160.000 m² zu realisieren [...]" (W034); "[...] Bruttogrundfläche von 88.000 m² bis max. 106.000 m²." (W03

TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang A.2: Kriteriensammlung.xlsx

KriteriumID	Kriterium Name	Aufgaben Text Beispiel
K010	Nachhaltigkeit	„Im Sinne einer verantwortungsvollen Urbanität und Mischung, vor dem Hintergrund weniger noch vorhandener Flächenressourcen in Münster […]“ (W099); "Ein großes Augenmerl liegt dabei auf dem Grundsatz der Nachhaltigkeit des Vorhabens und der Integration des Areals in die umgebende Stadtstruktur." (W098), "[…] nachhaltige und geordnete Entwicklung der freiwerdenden Fläche entwickeln." (W093); "„Nachhaltigkeit, Energieeffizienz und Entwässerung“ (W092); "Nachhaltiges Bauen in den Bereichen Ökologie, Ökonomie, soziokulturelle und technische sowie Prozessqualitäten frühzeitig mitgedacht werden. " (W091); „Eine integrative Betrachtung und konzeptionelle Umsetzung der Themenbereiche Stadtplanung/Städtebau, Freiraumgestaltung und Verkehr/ Mobilität wird für eine qualitätsvolle und nachhaltige Gesamtentwicklung vorausgesetzt.“ (W088); "Die Aspekte des nachhaltigen und energieeffizienten Bauens sind zu berücksichtigen." (W085); "Das Prinzip der kurzen Wege, neue Wohnformen und flexible Bauweisen sowie ausreichend Grün- und Freiflächen sind von Bedeutung, um nachhaltig zu wachsen." (W084); "Das Areal soll ein attraktives und nachhaltiges Vorzeigequartier […]" (W082); "[…] nachhaltiges, attraktives, innovatives, sowie durchmischtes und durchgrüntes Stadtquartiers […]" (W078); "[…] nachhaltige Quartiersentwicklung […]" (W077); "Nachhaltiger Wohnungsbau im Bestand […]" (W072); "[…] nachhaltige und zukunftsgerichtete Stadtentwicklung […]" (W069); "[…] mehr Wohnraum nachhaltig […]" (W067); "[…] nachhaltigen Wohnquartiers […]" (W065); "[…] nachhaltige Stadtentwicklung […]" (W045); "[…] abgeschotteten Flächen für die Bürgerschaft der Stadt zukunftsfähig und nachhaltig zu gestalten.' (W044); " Bestandteil einer nachhaltigen Entwicklung […]" (W001); "[…] n ist Nachhaltigkeit ein zentraler Bestandteil des Werteverständnisses." (W002); "Nachhaltigkeit des Gesamtkonzeptes, auch vor dem Hintergrund des Klimaschutzes." (W004); "[…] nachhaltiges und urbanes Stadtquartier […]" (W014); "[…] nachhaltigen Stadtentwicklungsstrategie […]" (W015); "[…] nach-haltige Quar-tiersentwicklung […]" (W020); "[…] nach-haltigen Siedlungsentwicklu […]" (W022); "[…] nach-haltige städtebauliche sowie freiraumplanerische Nutzungsperspektive […]" (W026); "[…] nach-haltig, d.h. energieeffizient […]" (W027); "[…] Augenmerk a der Nachhaltigkeit […]" (W032); "[…] alle Kriterien der Nachhaltigkeit ausreichend berücksichtigt." (W034); "Um eine nachhaltige und energetisch optimierte Gestaltung zu erreiche soll bereits im Rahmen des städtebaulichen Wettbewerbes besonderes Augenmerk auf die Optimierung der Energieeffizienz, die Erhöhung der Wirtschaftlichkeit und die Minimieru der Lebenszykluskosten gelegt werden." (W035); "[…] vielfältiges und nachhaltiges Lebensumfeld […]" (W036); "[…] Aussagen zu Ausgleichsflächen und einer nachhaltigen Regenwasserbewirtschaftung […]" (W101); "[…] Umsetzung eines „KlimaQuartiers“ (klimagerecht, ökologisch angepasst, nachhaltig geplant)." (W103); "[…] im Sinne einer nachhaltigen Stadtentwicklung […]" (W106);
K011	Klimaneutral / Klimagerecht	"[…] soll das erste klimaneutrale Gewerbegebiet in Holzbauweise in Deutschland entwickelt werden. (W098), " […] besonders dem Flächensparen und der Klimagerechtigkeit verpflichtet sind." (W095); "[…] klimaresilienten Quartiers […]" (W084); "[…] sind die Ziele Klimaneutralität […]." (W083); "[…] die Klimaneutralität im Sinne einer Klimaeffizienz […]" (W082); "Das Quartier soll klimaneutral sein […]" (W077); "[…] überwiegendem Baubestand aus den 1960er Jahren klimagerecht zu Modernisieren und zu Erweitern." (W072); "[…] klimagerechter Identität […]" (W071); "[…] klimaneutralen und nach dem Konzept der „Schwammstadt“ […]" (W001); "[…] Ansätze einer klimagerechten Stadt auf nimmt […]" (W002); " […] r eine Verschlechterung der bioklimatischen Situation vermeiden und es ist darauf zu achten, dass Belastungssituationen durch die Anlage von z.B. „grün-blauen Infrastrukturen“ reduziert […]" (W009); " Aspekten des Klimaschutzes ist hier vor allem die Reduzierung des Hitzestresses in stark versiegelten urbanen Räumen und die kleinklimatische Verbesserung überwärmter Innenstadtbereiche eine wichtige Zielstellung." (W013); "[…] klimagerechte und –resiliente Quartiersentwicklung." (W015); "[…] klimafreundlicher zu gestalten." (W019); "»klimaoptimiertes Stadt-grün»" (W020); "[…] Klimawandelge-rech-te Stadt- und Freiraum-planung […]" (W025); "[…] die Pflanzung klimawirksamer Vegetation." (W029); "Klimawirksame Flächen schaffen“: Frischluftschneisen, Retentionsflächen, Verschattungsbereiche sollen erhalten bleiben oder neu geschaffe werden." (W034); "[…] Klimaneutralität des Quartiers" (W036);"[…] Umsetzung eines „KlimaQuartiers“ (klimagerecht, ökologisch angepasst, nachhaltig geplant)." (W103);
K012	Hohe Geschosszahl	„Im Kontext der Standortprofilierung wird der Fokus in der Gesamtentwicklung auf den Auftritt des Projektes entlang der Porschestraße gelegt, wobei die Höhenentwicklung in Richtung Rothenfelde abnimmt und eine entsprechende Anpassung der Adressbildung erfolgt.“ (W097); "[…] innovativen Wohnquartiers mit einem hohen Anteil Geschosswohnungsbau." (W083); "[…] hochbauliche Planung[…]" (W081); "[…] "höhere" Häuser […]" (W073); "[…] hochbauliche Planung […]" (W072); "Bauliche Höhenentwicklun Entwicklung einer quartierbezogenen Höhenentwicklung […]" (W050); "[…] mehrere Hochpunkte auf dem Grundstück zu verorten sind […]" (W002); "Höhenstafflung der Gebäude zwischen 25,15 m und 21,0 m bezogen auf das angrenzende Straßenniveau" (W009);

TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang A.2: Kriteriensammlung.xlsx

KriteriumID	Kriterium Name	Aufgaben Text Beispiel
K013	Erhalt Bestandgebäude	"[...] sollen die im Gebiet vorhandenen, zum großen Teil denkmalgeschützten Bestände sowie vorhandenen Nutzungen aufgegriffen und mit neuen, tragfähigen Strukturen zu einem städtebaulich schlüssigen Ganzen zusammengefügt werden.“ (W096); "Außerdem besteht hier der Bedarf einer Neuordnung, bzw. -gestaltung durch die anstehende Umnutzung ein Leerstands." (W094); "Integration umfangreicher denkmalgeschützer Strukturen im Wettbewerbsgebiet." (W093); "Neben der innerstädtischen Nachverdichtung soll die Revitalisierung von Brachflächen wie der Industriebrache Brinkhaus zur Erreichung dieses Zieles beitragen.“ (W091); " zu erhaltenden Gebäudebestand der ehemaligen Fabrik integriert und durch neue Gebäude ergänzt werden kann." (W089); "[...] denkmalgeschützten Einzelgebäude [...]" (W079); "[...] unter Erhalt möglichst vieler charakteristischer Bestandsgebäude [...]" (W077); "[...] wieder zu nutzenden ‚Alten Zollhaus‘ [...]" (W076); "[...] Umsetzungsmöglichkeiten zum Nachverdichten [...]" (W075); "[...] überwiegendem Baubestand aus den 1960er Jahren klimagerecht zu Modernisieren und zu Erweitern." (W072); "[...] durch Erhaltung, Sanierung und Ergänzung von ortstypischer Bausubstanz [...]" (W067); "[...] alter Baumbestand [...]" (W066); "[...] Umnutzung und Gestaltung des historischen Bahnhofsgebäudes [...]" (W062); "[...] ehemalig hauptsächlich von der Textilindustri genutzten Grundstücken ein neues städtisches Gefüge für Wohnen, Kultur, Freizeit und Arbeiten entstehen." (W054); "Stärkung der Wohnfunktion im Bestand, Neubau durch Bestandsergänzung [...]" (W050); "[...] denkmalgeschützte Fördergerüst der ehemaligen Zeche Sterkrade und die zugehörige Schachthalle aus dem Jahre 1903." (W049); "[...] liegen große Industrieareale [aufgegeben und zum Teil noch genutzt] [...]" (W046); "[...] Nachnutzung des ehemaligen DLW-Areals [...]" (W045); "[...] denkmalgeschützten Solitären [...]" (W043); "Die Denkmäler sind im Rahmen der Aufwertung des öffentlichen Raumes einzubinden." (W040); " das vorhandene Gewerbe auf dem Areal zu erhalten und einen Lern- sow Geschichtsort zu schaffen." (W004); " Das denkmalgeschützte Bauteil A mit dem Bürgersaal am Teltower Damm soll saniert und mittels Neubauten um den benötigten Flächenbeda ergänzt werden." (W008); "[...] Empfehlung für die Erhaltung der historischen Bausubstanz." (W014); " Die Bestandswohngebäude (rot schraffierte Flächen) sind zu erhalten." (W01 "[...] das Bootshaus denkmalgerecht einbinden." (W017); "[...] konstruktiver Umgang mit dem Bestand im Vordergrund stehen soll." (W020); "[...] innerstädtischen Nachverdichtung [...]" (W025); "[...] Strategie zur Umwandlung und Neuordnung von untergenutzten und brachliegenden Gewerbestandorten [...]" (W026); "[...] Bestand Lücken gefüllt werden [...]" (W036); "[...] Umgang mit der vorhandenen Bausubstanz im Gebiet liefert." (W102); "[...] stellt die Stadt Radolfzell die Innenentwicklung sowie die Erschließung der wenigen noch vorhandenen Freiflächen in den Ortschaften in den Vordergrund." (W104); "[...] ein Verständnis für die Bestandssituation in Saalfelden erwartet wird [...]" (W107);
K014	PV-Anlagen auf dem Dach	„[...] eine progressive und ambitionierte städtebauliche Konzeption im Hinblick auf energetische Standards [...]“ (W088); "[...] nachhaltiges, zukunftsweisendes Gebäude an dieser Stelle entsteht." (W086); "[...] energieeffizienten Bauen [...]" (W078); "[...] energetischen und klimagerechten Ertüchtigung für Gebäude und Freiflächen [...]" (W072); "[...] energetische Bauen [...]" (W056); "Kompakte Anordnung der Gebäude begünstigt den Bau von Nahwärmenetzen." (W002); "[...] ökologisch und energetisch zukunftsweisendes Stadtquartier erfüllt." (W004); "[...] Energieerzeugung auserneuerbaren Quellen (Solar,Wind, Geothermie etc.)[...]" (W008); "Dachflächen von mindestens 50 % mit Photovoltaik-Anlagen zu berücksichtigen, dabei ist eine Kombination von Gründach mit Photovoltaik angedacht. Für die Neubebauung ist ein hoher energetischer Standard sowie eine (Wärme/Kälte-) Energieerzeugung auf 100 % regenerativer Basis anzustreben." (W013); "[...] mindestens 50% mit Photovoltaik-Anlagen zu berücksichtigen [...]" (W014); "[...] begrünte Dachflächen und hohe energetische Standards bei allen Gebäuden (Effizienzhaus Stufe 40, 70 % PV-Bruttodachflächennutzung) vorsieht [...]" (W015); "[...] hoher energetischer Standard sowie eine (Wärme-/Kälte-) Energieerzeugung auf 100% auf regenerativer Basis umzusetzen." (W017);

TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang A.2: Kriteriensammlung.xlsx

Kriterium ID	Kriterium Name	Aufgaben Text Beispiel
K015	vielfältige Nutzungen der Freiflächen	"[...] attraktive Freiflächen und vielfältige Begegnungsräume erarbeitet werden." (W086); "Die Aspekte des nachhaltigen und energieeffizienten Bauens sind zu berücksichtigen." (W085); "[...] Orte der Begegnung [...]" (W064); "[...] flexibel nutzbaren Veranstaltungs- und Mehrzweckplatzes." (W057); "[...] Außenräume mit unterschiedlichen Nutzungsangebote [...]" (W009); "[...] Freiräume vielfältig charakterisiert und programmiert werden." (W014); "[...] Räume zur Begegnung und Aneignung, zu Bewegung und Spiel, zu Erholung und Kult mit einem differenziert gestalteten öffentlichen Raum vom Platz über Spielplätze bis zu Parkanlagen zu planen." (W015); "[...] neuer attraktiver Aufenthalts-angebote [...]" (W018); hohen Wohnanteil und standortgerechtem Gewerbe auch eine Quartiersmitte, ein Hotel, eine Veranstaltungshalle, ein Mobilitätshub und Parkhäuser sowie Grün- und Freiflächen (W100); "[...] sowie einen Dorf- und Festplatz auf dem Areal entstehen zu lassen." (W094); "[...] Quartierstreffpunkt mit gemeinschaftlichen Angeboten entstehen kann." (W015); "[Bildung einer „Neuen Mitte“ [...]" (W024); "[...] Quar-tiersmitte ausgebildet werden." (W033); "[...] im Innern des Areals soll auch eine erlebbare “grüne Oase” [...]" (W079); "[...] ein grüne Mitte [...]" (W015); "[...] ein öffentlicher Spielplatz zu integrieren." (W078); "Für Spielplatzflächen ist der Richtwert von 1,5 m² (brutto) je Einwohner:in zugrunde zu legen.“ & Stellplatzschlüssel für Wohnen von 0,25 Stellplätzen (STP) je Wohneinheit (WE) zzgl. 0,05 STP je WE für Besucher:innen, d.h. insgesamt 0,3 STP je WE zugrunde zu legen." (W001); "[...] Spielflächen auf den der Wohnnutzung dienenden Grundstücken vorzusehen [...]" (W004); "Kinderspielflächenortsgesetzes für die Stadtgemeinde Bremen sind 1/3 der geforderten Spielflächen wohnungsnah für Klein- und Kleinstkinder nachzuweisen." (W009); " Für Spielplätze für alle Altersklassen sind mindestens 3.000 qm einzuplanen." (W014); "[...] Spielplätze bis zu Parkanlagen zu planen [...]" (W015); "[...] Anzahl der Kfz-Verkehre gering zu halten [...]" (W015); "5 m² jeWE > 40m² Wohnfläche, 10m² je WE > 70 m² Wohnfläche" (W017); "[...] Spielbereich nach Süden [...]" (W033); "Sport- und Freizeitflächen" (W075); "[...] attraktiven Freizeiteinrichtungen [...]" (W045); "[...] Sport- und Freizeitflächen ebenso vorhält [...]" (W015); "[...] für das Freizeit- und Sportgelände [...]" (W019); "[...] multifunktionale Angebote für Sport und Naherholung ergänzt werden." (W10
K016	autonomer Stadtteil	"[...] so konzipiert wird, dass er selbständig funktioniert [...]" (W069); "[...] dass er selbständig funktioniert und eine eigene Identität erhält." (W018);
K017	Mindestwohnbedarf	"[...] Wohnraum für mind. 10.000 Menschen [...]" (W069); "[...] mindestens 4.000 Einwohner [...]" (W068); "[...] rd. 500 WE als Mietwohnungen" (W001); "[...] mind. 500 Wohneinheiten (WE) à 82,5 qm [...]" (W004); "[...] etwa 250 Wohnungen [...]" (W015); "[...] Wohnraum für mindestens 10.000 Menschen zu schaf-fen." (W018); "[...] Wohnungsante von 75 bis 80 % Mietwohnungen [...]" (W030); "[...] rund 1.060 geplanten Wohneinheiten [...]" (W101);
K018	Begehbarkeit öffentlicher Flächen/Quartiersmitte	"[...] Begehbarkeit und Nutzung der öffentlichen Flächen [...]" (W064); "[...] öffentlich zugänglicher Quartiersplatz [...]" (W004); "[...] öffentlich und privat nutzbaren Freiraums [...]" (W015); "[...] Schaffung von öffentlich zugänglichen Flächen mit Mehrwert für die Öffentlichkeit [...]" (W035);
K019	Zugang Wasser	"[...] attraktive Situation am Wasser [...]" (W060); "[...] eine attraktive Gestaltung des Allerufers den Fluss und seine Landschaft für die Bevölkerung und Touristen erlebbarer mache [...]" (W057); "[...] hochwertiges Wohnquartier zu entwickeln, in dem das Element “Wasser“ eine hervorgehobene Rolle spielt [...]" (W055); "[...] besonderen Aufenthaltsqualitäten am Wasser." (W043); "[...] Dortmunder Hafen [...]" (W041); "[...] Die Verbindung von „grüner und blauer Infrastruktur“ wird gewünscht." (W001); "Wasser belebt das Stadtbild, leist kleinklimatisch einen Beitrag zur Abkühlung der Umgebungsluft und kann zur „Relativierung“ von Lärmbelastungen beitragen." (W004); "[...] Themas „Wohnen an der Weser“[...]" (W009); "[...] für diesen besonderen Standort am Wasser [...]" (W010); "[...] Verdunstung über offene Wasserflächen oder Verdunstungsteiche [...]" (W013); "[...] Thema Wasser in Form von Retentionsflächen, Regenwasserversickerungsbereichen und Gestaltungselementen der Freiraumplanung ist ein wichtiger Bestandteil der Wettbewerbsaufgabe." (W014); "[...] Entwicklung einer von der Uferpromenade [...]" (W017); "[...] Verortung von Regenrückhalteflächen bzw. offener Wasserflächen [...]" (W034); "[...] besser an das Rheinufer anzubinden [...]" (W035); "[...] Freiraum wird konsequent bis zum Rhein gedacht." (W036);
K020	Sichtachsen	"[...] inwieweit die heute bestehenden Sichtachsen bestehen bleiben sollen." (W040); "[...] Zur Vermeidung von Tatgelegenheiten und Stärkung des Sicherheitsgefühls sollten Sichtachsen und gute Einsehbarkeit der einzelnen Bereiche sowie leichte Orientierung gewährleistet werden." (W002); "[...] Raum- und Blickbeziehungen [...]" (W004);

TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang A.2: Kriteriensammlung.xlsx

KriteriumID	Kriterium Name	Aufgaben Text Beispiel
K021	Mindestgeschosse	"Aufgrund der Lagegunst zur Ortsmitte Heinersdorf und der guten Anbindung durch den ÖPNV wird für das Wettbewerbsgebiet eine urbane Dichte mit einer überwiegend 4 – 5-geschossigen Bebauung angestrebt. Eine in Teilbereichen höhere oder niedrigere Geschossigkeit ist Gegenstand des städtebaulichen Entwurfes." (W001);
K022	Entsiegelung	"[...] Begrünung privater und öffentlicher Freiflächen." (W001); "Der Versiegelungsgrad soll auch auf die Wege und sonstige befestigte Flächen bezogen minimiert werden. Wasserdurchlässigen Oberflächen ist dabei der Vorzug vor Vollversiegelung zu geben." (W004); " Der hohe Versiegelungsgrad des gesamten Areals ist zu reduzieren." (W007); "Erhöhung des Anteils naturhaushaltswirksamer Flächen (Entsiegelung sowie Dach-,Hof-undWandbegrünung)" (W008); "[...] Anteil der versiegelten Fläche auf ein Minimum zu reduzieren [...]" (W013); "[...] die Reduzierung der Flächenversiegelung [...]" (W014); "[...] flächenhafte Entsiegelung [...]" (W015); "[...] versiegelten Fläche auf ein Minimum zu reduzieren [...]" (W017); "[...] hoch versiegelte Fläche zu entsiegeln [...]" (W019); "[...] Anteil der versiegelten Flächen auf dem Grundstück zu minimieren." (W035);
K023	begrünte Innenhöfe	" Begrünung von Fassaden, Dächern und Innenhöfen spielt eine wichtige Rolle, um der Entstehung einer innerstädtischen Hitzeinsel entgegenzuwirken sowie um das Regenwasser aufzufangen und für die Kühlung des umgebenden Luftraumes zu sorgen." (W002); "[...] mit grünen Höfen [...]" (W029);
K024	GRZ	"Eine maximale Versiegelung von 0,8 der Grundstücksfläche ist planungsrechtlich theoretisch zulässig." (W002); " DerErgänzungsbereich ist als Wohnbaufläche W3 mit einer GFZ bis 0,8 dargestellt." (W008); "GRZ: 0,5; GFZ: 3,0 bezogen auf das Plangebietsfläche" (W009); "[...] GRZ: 0,4 (darf durch TG + Zufahrten bis zu GRZ von 0,7 überschritten werden; GFZ: 1,4
K025	Rettungswege	"[...] Feuerwehrbewegungsflächen sowie Zufahrten der Feuerwehr vom öffentlichen Straßenland sind bei der Planung zu beachten." (W004); " Die Feuerwache benötigt ausreichend Rangierflächen für die Fahrzeuge." (W007); "Die erforderlichen Aufstell- und Bewegungsf lächen für die Feuerwehr sind gegebenenfalls zu berücksichtigen." (W008); "[...] Erreichbarkeit durch die Feuerwehr ist dabei zu jedem Zeitpunkt sicherzustellen." (W013); "[...] Sicherstellung einer hochwassersicheren Erschließung für Rettungsfahrzeuge bestätigt." (W017);
K026	Belichtung/Verschattung	"Die Bauweise und die Gestaltung der Gebäude sind mit möglichst natürlicher Belichtung und Belüftung zu planen." (W002); "Die Bauweise und die Gestaltung der Gebäude sind mit möglichst natürlicher Belichtung und Belüftung zu planen." (W004); "Optimierung der Tageslichtnutzung." (W008); " Eine optimierte Tageslichtversorgung ermöglicht förderliche Wohn- bzw. Aufenthaltsqualitäten [...]" (W009); " Eine optimierte Tageslichtversorgung ermöglicht förderliche Wohn- bzw. Aufenthaltsqualitäten [...]" (W010); "[...] gut belichtete und qualitätsvolle Freiräume und Wohnsituationen gewährleistet." (W013); "[...] gut belichtete und qualitätsvolle Freiräume [...]" (W017); "[...] eine gute direkte Besonnung im Umfeld der Planung auszumachen ist." (W034);
K027	Ver- und Entsorgung	"Die Ver- und Entsorgung für alle Nutzungen erfolgen möglichst straßennah oder unterirdisch um eine Beeinträchtigung der Außenräume des Quartiers zu verhindern. " (W002); "Für die Abfallentsorgung ist ein Konzept zu entwickeln, das den hierdurch entstehenden Verkehr und die hierfür benötigten Freiflächen auf ein absolut notwendiges Minimum reduziert (W004); "Nebennutzungen wie Müllstellflächen und sonstige Flächen für Anlieferung und Entsorgung sind bei der Flächenausweisung mit zu berücksichtigen." (W008); "Das Müllentsorgungskonzept sieht vor, dass an zentralen Punkten im Quartier [...] " (W009); "Die Abfall- und Müllentsorgung soll über ein Unterflursystem organisiert werden" (W010); Eine Zufahrtsmöglichkeit von (Müll-) Entsorgungsfahrzeugen auf das Wettbewerbsgebiet scheint aufgrund des Grundstückszuschnitts schwer umsetzbar." (W017); "[...] abschließbare Räumlichkeiten in der Nähe des Wirtschafts- bzw. An- und Ablieferhofs von rd. 90 m² vorzusehen." (W034);

TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang A.2: Kriteriensammlung.xlsx

Kriterium ID	Kriterium Name	Aufgaben Text Beispiel
K028	Dachbegrünung	"Es sollen mindestens 60 % der Dachflächen als Gründächer geplant werden." (W001); "[...] bieten die Dachflächen großes Potenzial zur Bildung qualitätsvoller Außenräume mit herausragenden Ausblicken." (W002); " Dachflächen stellen Freiflächen im weiteren Sinne dar und stehen in Neubauquartieren unter einem erhöhten Nutzungsdruck." (W004); " Flächen für Photovoltaik sind vorzusehen." (W008); "[...] Dachlandschaft und für PV Nutzung geeignete Dächer" (W009); " Die Flachdächer sollen begrünt werden." (W010); "[...] Umsetzung von Dach- und Freiflächenbegrünung." (W013); "Dachflächen müssen in der Regel der Retention dienen und gemäß den Bestimmungen des Begrünungsortsgesetz Brem (siehe Anlage 8) als Gründächer ausgeführt werden." (W014); "[...] Grün- und Pflanzflächen auf der Fläche sowie auf Dächern [...]" (W015); "[...] Errichtung von Solaranlagen (Photovoltaik und Solarthermie) auf allen geeigneten Dachflächen von Neubauten, die Modulfläche der Anlage muss dabei mindestens 70 Prozent der Gesamtbruttofläche des Quartiers oder Gebäudekomplexes bedecken [...]" (W017); "[...] intensive Dachbegrünung [...]" (W034); "[...] nachhaltige Konzeptansätze zur Gebäudebegrünung (Fassaden und Dächer)." (W035); "Ob die Dächer einen Mehrwert in der Nutzung aufweisen bleibt den Planer*innen überlassen." (W107);
K029	Erhalt Baumbestand	"Dazwischen befinden sich hier ein dichter und hochwertiger Baumbestand.“ (W004); "Erhalt und Ergänzung des großkronigen Parkbaumbestandes." (W008); "[...] zwingend zu erhaltenen Baumbeständen." (W010); " In diesem Fall sind Ausgleichs- oder Ersatzpflanzungen entsprechend mit zu berücksichtigen." (W013); "[...] zwingende Erhaltung der sieben prägenden Kastanien [...]" (W017); "[...] altem Baumbestand [...]" (W020); "[...] Bäume unterliegen der gültigen Baumschutzsatzung." (W034);
K030	Abstandsflächen	"Die Abstandsflächen (0,4 H) sind auf dem Grundstück nachzuweisen. Sie können bis zur Mitte von öffentlichen Straßenflächen liegen." (W008); "[...] die Abstandsregelungen der Bremer Landesbauordnung (0,4 H für Wohnnutzungen) einzuhalten." (W009); "[...] einzuhaltenden Abstandsflächen [...]" (W015);
K031	Freiflächen Zonierung	"Zonierung (halböffentlich/ ggf. gemeinschaftlich/ privat) [...]" (W009); "[...] Zonierung des öffentlich und privat nutzbaren Freiraums erwartet [...]" (W015); "Zonierung, Zuordnung und Programmierung der Flächen sollen hohen Nutzungskomfort garantieren [...]" (W017); "[...] schematische Darstellung der Aufteilung der Freiflächen [...]" (W034);
K032	Abriss Bestand	"Der Erhalt der heutigen Bausubstanz wurde ausführlich geprüft. Aufgrund erheblicher funktionaler, aber auch bautechnischer Mängel erscheint die Weiternutzung auch von Teilbereichen weder wirtschaftlich noch nachhaltig sinnvoll." (W034);
K033	Grünraumerhalt	„Grünbestand sichern“: Eingriffe in den Grünbestand sind möglichst zu minimieren [...] (W034);
K034	Wind	"[...] parallel zur Windrichtung ausgerichtete, durchströmbare Gebäudestrukturen [...]" (W034);

TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang A.3: Bewertungsmatrix_15Kriterien.xlsx

	K001	K002	K003	K004	K005	K006	K007	K008	K009	K010	K011	K012	K013	K014	K015	Anzahl Sterne
E001	NA	3	0,45	1,5	2	0,2	0	3	0	-0,4	1	0	0,5	1	1	2
E002	NA	4	0,35	2	2	0	0,4	2	0	0,1	1	0,4	0,3	1	1	3
E004	8	3	0,2	2	2	0,35	0	2	0	0,2	1	0	0,2	1	1	3
E007	7	5	0,3	1,5	2	0,3	0	3	0	0,15	1	0	0,15	1	1	3
E008	6	4	0,35	1,5	2	0,2	0	2	0	-0,2	1	0	0,3	1	0	2
E009	NA	3	0,45	2	2	0	0	3	0,5	NA	1	0,15	0	0,5	1	1
E010	2	3	0,5	1,5	2	0	0,3	3	0	NA	1	0	0,7	1	1	2
E013	3	4	0,35	1,5	2	0	0	2	0	0,3	1	0,15	0,6	1	1	3
E014	9	4	0,2	1,5	2	0,2	0	7	2	0,2	1	0,2	0,1	1	1	4
E015	NA	2	0,4	2	2	0,1	0,05	3	0	0,3	1	0,7	0,8	1	1	3
E017	NA	3	0,2	2	2	0	0	1	2	-0,1	1	0	0,2	1	0	2
E018	NA	3	0,6	1	2	NA	0,1	7	0	NA	1	0,2	NA	1	1	2
E019	NA	2	0,5	2	2	0	0	3	2	0,5	1	0	0,8	1	1	4
E020	4	2	0,6	1,5	1	0,5	0,35	4	0	-0,3	0,6	0,6	0,6	1	1	2
E021	NA	3	0,4	1,5	1	0	0	3	0	0,15	1	0,8	0,1	1	1	2
E022	3	NA	0,5	2	2	0,05	0,35	2	1,5	-0,5	1	0,4	0,2	1	1	3
E023	NA	5	0,1	2	2	0	0	1	0	0,2	0,7	0	0,8	1	1	2
E024	5	3	0,25	2	2	0,5	0,15	3	2	0,2	1	0,3	0,3	1	1	4
E025	5	3	0,5	1,5	2	0,15	0	4	NA	-0,3	1	0	0,3	1	1	2
E026	NA	5	0,6	2	2	0	0	4	2	NA	1	0	NA	1	1	3
E027	NA	4	0,6	1,5	2	0,05	0	2	2	0,3	1	0,85	0,6	1	1	4
E029	6	5	0,45	1,5	2	0,5	NA	3	2	0,4	0,6	0,2	0,85	NA	1	3
E030	NA	3	0,4	1,5	2	0,15	0	2	2	NA	0,5	0,8	NA	1	1	2
E031	NA	4	0,15	2	1,5	0,3	0	0	0	0,2	0,7	0	1	1	0	1
E032	NA	2	0,6	1,5	1	0	0	1	0	-0,6	1	0	1	1	1	1
E033	NA	3	0,6	2	1,5	0,05	0	5	1,5	-0,3	1	0,4	0,7	1	1	3
E034	2	2	0,2	2	2	0	NA	1	2	0	1	0,3	0,5	1	1	3
E035	NA	2	0,3	1,5	2	0	0	1	0	0,2	1	0	0,1	1	0	1
E036	11	4	0,6	2	2	0	0,1	4	1,5	0,3	1	0,6	0,3	1	1	5
E037	6	2,5	0,5	2	2	0,6	0,2	3	1,5	-0,2	1	0,3	NA	1	1	4
E038	9	4	0,5	1,5	2	NA	0	4	2	NA	1	0,25	NA	1	1	3
E039	NA	4,5	0,7	2	1,5	0	NA	5	2	0,5	1	0	0,9	1	1	4
E040	NA	3	0,5	2	2	0,5	0	3	0	0,3	1	0,1	0,8	1	1	3
E041	5	3	0,25	2	1,5	0,45	0	2	1	0,2	1	0	1	1	1	3
E042	5	4	0,4	1	2	0	0	3	0	0,3	1	0	0,6	1	1	2
E043	NA	3	0,35	1,5	1,5	0,35	NA	4	1,5	0,2	1	0,2	0,85	1	1	3
E044	3	2,5	0,6	2	2	0	NA	3	0	0	1	0	0,25	1	1	2
E045	NA	2	0,45	1	2	0,1	0	2	0	0,4	1	0	0,85	1	1	2
E046	NA	2	0,4	2	2	0,4	0	2	0	0,25	1	0	0,9	1	1	3
E047	NA	3	0,4	2	1,5	0,7	0	2	2	0,1	1	0	0,8	1	0	3
E048	3	3,5	0,6	2	2	0,5	0	5	2	-0,2	1	0	0,3	1	1	4
E049	1	1,5	0,85	2	1	0,1	0	0	1	0,1	1	0	NA	1	0,5	1
E050	NA	2	0,25	2	2	0,8	0	1	0	0,2	1	0	0,8	1	0	2
E051	NA	2	0,55	1,5	2	NA	0	3	2	NA	1	0	NA	1	1	2
E052	3	5	0,3	2	2	NA	0	1	0	NA	1	0	NA	1	1	2
E053	NA	3	0,55	2	1,5	0,4	0	NA	2	0,3	1	0,5	0,8	1	0,5	3
E054	5	3	0,6	2	1,5	NA	0	3	1,5	NA	1	0	NA	1	0,5	2
E055	NA	2,5	0,6	2	1	1	0	NA	2	-0,4	1	0	0,6	1	1	3
E056	1	2	0,7	2	1	0,2	0	2	0	0,1	1	0	0,85	1	0,5	2
E057	NA	2	0,5	1,5	2	0,3	0	2	2	0,2	0,5	0	0,8	0,5	1	2

TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang A.3: Bewertungsmatrix_15Kriterien.xlsx

E058	NA	3	0,45	2	2	0,3	0	3	2	0,3	1	0	0,5	1	1	4
E059	NA	3	0,6	2	2	0,35	0	NA	1	0,2	1	0	NA	1	1	3
E060	3	2	0,3	2	2	0,15	0	3	2	0,25	1	0	0,3	1	1	3
E061	NA	3	0,1	2	2	NA	0	1	0	NA	1	0,85	NA	1	0	1
E062	NA	2	0,65	2	1	0,2	0	3	0	0,25	1	0,9	1	1	1	3
E063	5	2	0,6	2	2	0,25	0	5	1	0,2	1	0	0,9	1	1	4
E064	6	3,5	0,2	1,5	1,5	0,85	0	4	1	0,15	1	0,2	0,85	1	1	3
E065	NA	4	0,51	2	NA	0,17	0	3	2	-0,55	1	0,19	0,39	NA	1	2
E066	5	4	0,5	2	2	0,15	0,3	5	1	0	1	0,25	0,75	1	1	4
E067	1	1	0,6	2	1	0	0	1	0	-0,25	1	0	NA	1	0	1
E068	NA	4	0,7	2	2	0	0	4	1,5	-0,4	1	0	1	1	1	4
E069	NA	5	0,6	1,5	2	0	0	4	0,5	-0,4	1	0	1	1	1	3
E070	3	3,5	0,25	2	2	0	0	3	0	0,2	1	0	0,8	1	1	3
E071	NA	2	0,3	1,5	1,5	0	0,25	5	1	0,3	1	0,75	0,85	1	1	3
E072	1	2,5	0,65	2	1	NA	0,9	2	0	NA	1	0,9	NA	1	1	2
E073	3	3	0,45	2	2	0,2	0	3	0	0,1	1	0,9	0,75	1	1	4
E074	5	4	0,6	1,5	2	0,15	0	4	2	0	1	0,8	0,8	1	1	4
E075	4	1,5	0,5	1	1	0	0	1	0	-0,4	1	0,5	1	1	1	1
E076	2	2	0,5	2	2	0	0,8	4	1	0,5	1	0,9	0,9	1	1	5
E077	NA	4	0,6	2	2	0,3	0,35	5	1	0,3	1	0,6	0,85	1	1	5
E078	NA	1	0,5	2	2	0	0	3	1	-0,5	1	0,4	1	1	1	3
E079	2	3	0,65	2	2	0	0,4	3	0,5	0,3	1	0,4	0,9	1	1	4
E080	NA	2	0,5	1	1,5	0,2	0	3	0	0,2	1	0	0,9	1	1	2
E081	3	2	0,4	2	1,5	0	0	2	0	0,4	1	0,2	0,7	1	1	2
E082	4	4	0,65	2	1,5	0	0	3	0	-0,5	1	0,85	0,9	1	1	3
E083	4	3	0,65	1,5	2	0	0	7	0	-0,35	1	0,9	0,85	1	1	
E084	6	4	0,7	1,5	1,5	0,25	0	5	0,5	-0,25	1	0,2	0,75	1	1	
E085	2	2	0,5	2	2	0	0,85	4	0	0,2	1	0,9	0,7	1	1	
E086	5	4	0,7	2	2	0,2	0,7	4	1	-0,3	1	1	0,65	1	1	
E087	NA	5	0,45	1,5	2	0	0	3	2	0,5	1	0,35	1	1	0,5	
E088	4	4	0,65	2	1,5	0	0,4	4	1	-0,4	1	0,4	0,5	1	1	
E089	3	4	0,45	2	2	0	0,6	1	0,5	0,4	1	1	0,9	1	1	
E090	4	5	0,4	2	1,5	0,1	0,6	2	0	-0,4	1	1	1	1	1	
E091	4	5	0,65	2	2	0,15	0	5	2	-0,3	1	0	0,85	1	1	
E092	2	4,5	0,5	2	2	0	0	3	0	0,25	1	0,15	0,9	1	1	
E093	NA	3	0,6	2	2	0,3	0,25	NA	1	-0,2	1	0,35	NA	1	0,5	
E094	5	3,5	0,65	2	2	0	0	4	2	-0,4	1	0,1	0,95	1	1	
E095	3	3	0,7	2	2	0	0	4	0	-0,3	1	0	1	1	1	
E096	6	4	0,5	2	2	0,5	0	4	0	-0,5	1	0	0,3	1	1	
E097	3	2	0,25	1,5	2	0	0,2	2	0	0,2	1	1	0,75	1	1	
E098	4	4	0,5	1,5	1,5	0,15	0,3	3	0	-0,3	1	0	0,85	1	1	
E099	4	3	0,6	2	2	0,05	0,75	5	2	-0,5	1	0,9	0,85	1	1	
E100	4	3	0,65	1,5	2	0	NA	4	2	-0,5	1	1	0,9	1	1	
E101	4	3	0,6	1	1,5	0	0	3	1,5	-0,4	1	0,15	0,95	1	1	
E102	3	2	0,3	2	2	0,4	0	3	1	0,3	1	0	0,9	1	1	
E103	5	4	0,7	1,5	1,5	0	0	5	1	-0,3	1	0,25	1	1	1	
E104	2	2	0,5	2	1,5	0,1	0,15	2	0	-0,4	1	0	0,6	1	1	
E105	2	2	0,7	2	1,5	0,15	0	3	0	-0,2	1	0	1	1	1	
E106	7	3	0,5	2	2	0,2	0,2	4	1,5	0,2	1	0,4	0,6	1	1	
E107	4	2	0,2	1,5	1,5	0	0	2	0	0,4	1	0	1	1	0,5	

TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang A.4: Bewertungsmatrix_normiert_mit_Sternen.xlsx

Unnamed: 0	K001	K002	K003	K004	K005	K006	K007	K008	K009	K010	K011	K012	K013	K014	K015	Anzahl Sterne	Manuelle_Sterne	K001_normm	K002_normm	K003_normm	K004_normm	K005_normm	K006_normm	K007_normm	K008_normm	K009_normm	K010_normm	K011_normm	K012_normm	K013_normm	K014_normm	K015_normm	Norm_Summe
E001		3	0,45	1,5	2	0,2	0	3	0	-0,4	1	0	0,5	1	1	2			0,5	0,466667	0,5	1	0,2	0	0,428571	0	0,181818	1	0	0,5	1	1	6,777056
E002		4	0,35	2	2	0	0,4	2	0	0,1	1	0,4	0,3	1	1	3			0,75	0,333333	1	1	0	0,444444	0,285714	0	0,636364	1	0,4	0,3	1	1	8,149856
E004	8	3	0,2	2	2	0,35	0	2	0	0,2	1	0	0,2	1	1	3		0,7	0,5	0,133333	1	1	0,35	0	0,285714	0	0,727273	1	0	0,2	1	1	7,89632
E007	7	5	0,3	1,5	2	0,3	0	3	0	0,15	1	0	0,15	1	1	3		0,6	1	0,266667	0,5	1	0,3	0	0,428571	0	0,681818	1	0	0,15	1	1	7,927056
E008	6	4	0,35	1,5	2	0,2	0	2	0	-0,2	1	0	0,3	1	0	2		0,5	0,75	0,333333	0,5	1	0,2	0	0,285714	0	0,363636	1	0	0,3	1	0	6,232684
E009		3	0,45	2	2	0	0	3	0,5		1	0,15	0	0,5	1	1			0,5	0,466667	1	1	0	0	0,428571	0,25		1	0,15	0	0	1	5,795238
E010	2	3	0,5	1,5	2	0	0,3	3	0		1	0	0,7	1	1	2		0,1	0,5	0,533333	0,5	1	0	0,333333	0,428571	0		1	0	0,7	1	1	7,095238
E013	3	4	0,35	1,5	2	0	0	2	0	0,3	1	0,15	0,6	1	1	3		0,2	0,75	0,333333	0,5	1	0	0	0,285714	0	0,818182	1	0,15	0,6	1	1	7,637229
E014	9	4	0,2	1,5	2	0,2	0	7	2	0,2	1	0,2	0,1	1	1	4		0,8	0,75	0,133333	0,5	1	0,2	0	1	1	0,727273	1	0,2	0,1	1	1	9,410606
E015		2	0,4	2	2	0,1	0,05	3	0	0,3	1	0,7	0,8	1	1	3			0,25	0,4	1	1	0,1	0,055556	0,428571	0	0,818182	1	0,7	0,8	1	1	8,552309
E017		3	0,2	2	2	0	0	1	2	-0,1	1	0	0,2	1	0	2			0,5	0,133333	1	1	0	0	0,142857	1	0,454545	1	0	0,2	1	0	6,430736
E018		3	0,6	1	2		0,1	7	0		1	0,2		1	1	2			0,5	0,666667	0	1		0,111111	1	0		1	0,2		1	1	6,477778
E019		2	0,5	2	2	0	0	3	2	0,5	1	0	0,8	1	1	4			0,25	0,533333	1	1	0	0	0,428571	1	1	1	0	0,8	1	1	9,011905
E020	4	2	0,6	1,5	1	0,5	0,35	4	0	-0,3	0,6	0,6	0,6	1	1	2		0,3	0,25	0,666667	0,5	0	0,5	0,388889	0,571429	0	0,272727	0,2	0,6	0,6	1	1	6,849711
E021		3	0,4	1,5	1	0	0	3	0	0,15	1	0,8	0,1	1	1	2			0,5	0,4	0,5	0	0	0	0,428571	0	0,681818	1	0,8	0,1	1	1	6,41039
E022	3		0,5	2	2	0,05	0,35	2	1,5	-0,5	1	0,4	0,2	1	1	3		0,2		0,533333	1	1	0,05	0,388889	0,285714	0,75	0,090909	1	0,4	0,2	1	1	7,898846
E023		5	0,1	2	2	0	0	1	0	0,2	0,7	0	0,8	1	1	2			1	0	1	1	0	0	0,142857	0	0,727273	0,4	0	0,8	1	1	7,07013
E024	5	3	0,25	2	2	0,5	0,15	3	2	0,2	1	0,3	0,3	1	1	4		0,4	0,5	0,2	1	1	0,5	0,166667	0,428571	1	0,727273	1	0,3	0,3	1	1	9,522511
E025	5	3	0,5	1,5	2	0,15	0	4		-0,3	1	0	0,3	1	1	2		0,4	0,5	0,533333	0,5	1	0,15	0	0,571429		0,272727	1	0	0,3	1	1	7,227489
E026		5	0,6	2	2	0	0	4	2		1	0		1	1	3			1	0,666667	1	1	0	0	0,571429	1		1	0		1	1	8,238095
E027		4	0,6	1,5	2	0,05	0	2	2	0,3	1	0,85	0,6	1	1	4			0,75	0,666667	0,5	1	0,05	0	0,285714	1	0,818182	1	0,85	0,6	1	1	9,520563
E029	6	5	0,45	1,5	2	0,5		3	2	0,4	0,6	0,2	0,85		1	3		0,5	1	0,466667	0,5	1	0,5		0,428571	1	0,909091	0,2	0,2	0,85		1	8,554329
E030		3	0,4	1,5	2	0,15	0	2	2		0,5	0,8		1	1	2			0,5	0,4	0,5	1	0,15	0	0,285714	1		0	0,8		1	1	6,635714
E090	4	5	0,4	2	1,5	0,1	0,6	2	0	-0,4	1	1	1	1	1	4		0,3	1	0,4	1	0,5	0,1	0,666667	0,285714	0	0,181818	1	1	1	1	1	9,434199
E032		2	0,6	1,5	1	0	0	1	0	-0,6	1	0	1	1	1	1			0,25	0,666667	0,5	0	0	0	0,142857	0	0	1	0	1	1	1	5,559524
E033		3	0,6	2	1,5	0,05	0	5	1,5	-0,3	1	0,4	0,7	1	1	3			0,5	0,666667	1	0,5	0,05	0	0,714286	0,75	0,272727	1	0,4	0,7	1	1	8,55368
E034	2	2	0,2	2	2	0		1	2	0	1	0,3	0,5	1	1	3		0,1	0,25	0,133333	1	1	0		0,142857	1	0,545455	1	0,3	0,5	1	1	7,971645
E035		2	0,3	1,5	2	0	0	1	0	0,2	1	0	0,1	1	0	1			0,25	0,266667	0,5	1	0	0	0,142857	0	0,727273	1	0	0,1	1	0	4,986797
E036	11	4	0,6	2	2	0	0,1	4	1,5	0,3	1	0,6	0,3	1	1	5		1	0,75	0,666667	1	1	0	0,111111	0,571429	0,75	0,818182	1	0,6	0,3	1	1	10,56739
E037	6	2,5	0,5	2	2	0,6	0,2	3	1,5	-0,2	1	0,3		1	1	4		0,5	0,375	0,533333	1	1	0,6	0,222222	0,428571	0,75	0,363636	1	0,3		1	1	9,072763
E038	9	4	0,5	1,5	2		0	4	2		1	0,25		1	1	3		0,8	0,75	0,533333	0,5	1		0	0,571429	1		1	0,25		1	1	8,404762
E039		4,5	0,7	2	1,5	0		5	2	0,5	1	0	0,9	1	1	4			0,875	0,8	1	0,5	0		0,714286	1	1	1	0	0,9	1	1	9,789286
E040		3	0,5	2	2	0,5	0	3	0	0,3	1	0,1	0,8	1	1	3			0,5	0,533333	1	1	0,5	0	0,428571	0	0,818182	1	0,1	0,8	1	1	8,680087
E041	5	3	0,25	2	1,5	0,45	0	2	1	0,2	1	0	1	1	1	3		0,4	0,5	0,2	1	0,5	0,45	0	0,285714	0,5	0,727273	1	0	1	1	1	8,562987
E042	5	4	0,4	1	2	0	0	3	0	0,3	1	0	0,6	1	1	2		0,4	0,75	0,4	0	1	0	0	0,428571	0	0,818182	1	0	0,6	1	1	7,396753
E043		3	0,35	1,5	1,5	0,35		4	1,5	0,2	1	0,2	0,85	1	1	3			0,5	0,333333	0,5	0,5	0,35		0,571429	0,75	0,727273	1	0,2	0,85	1	1	8,282035
E044	3	2,5	0,6	2	2	0		3	0	0	1	0	0,25	1	1	2		0,2	0,375	0,666667	1	1	0		0,428571	0	0,545455	1	0	0,25	1	1	7,465693
E045		2	0,45	1	2	0,1	0	2	0	0,4	1	0	0,85	1	1	2			0,25	0,466667	0	1	0,1	0	0,285714	0	0,909091	1	0	0,85	1	1	6,861472
E046		2	0,4	2	2	0,4	0	2	0	0,25	1	0	0,9	1	1	3			0,25	0,4	1	1	0,4	0	0,285714	0	0,772727	1	0	0,9	1	1	8,008442
E047		3	0,4	2	1,5	0,7	0	2	2	0,1	1	0	0,8	1	0	3			0,5	0,4	1	0,5	0,7	0	0,285714	1	0,636364	1	0	0,8	1	0	7,822078
E048	3	3,5	0,6	2	2	0,5	0	5	2	-0,2	1	0	0,3	1	1	4		0,2	0,625	0,666667	1	1	0,5	0	0,714286	1	0,363636	1	0	0,3	1	1	9,369589
E095	3	3	0,7	2	2	0	0	4	0	-0,3	1	0	1	1	1	3		0,2	0,5	0,8	1	1	0	0	0,571429	0	0,272727	1	0	1	1	1	8,344156
E050		2	0,25	2	2	0,8	0	1	0	0,2	1	0	0,8	1	0	2			0,25	0,2	1	1	0,8	0	0,142857	0	0,727273	1	0	0,8	1	0	6,92013
E051		2	0,55	1,5	2		0	3	2		1	0		1	1	2			0,25	0,6	0,5	1		0	0,428571	1		1	0		1	1	6,778571
E052	3	5	0,3	2	2		0	1	0		1	0		1	1	2		0,2	1	0,266667	1	1		0	0,142857	0		1	0		1	1	6,609524
E053		3	0,55	2	1,5	0,4	0		2	0,3	1	0,5	0,8	1	0,5	3			0,5	0,6	1	0,5	0,4	0		1	0,818182	1	0,5	0,8	1	0,5	8,618182
E054	5	3	0,6	2	1,5		0	3	1,5		1	0		1	0,5	2		0,4	0,5	0,666667	1	0,5		0	0,428571	0,75		1	0		1	0,5	6,745238
E055		2,5	0,6	2	1	1	0		2	-0,4	1	0	0,6	1	1	3			0,375	0,666667	1	0	1	0		1	0,181818	1	0	0,6	1	1	7,823485
E056	1	2	0,7	2	1	0,2	0	2	0	0,1	1	0	0,85	1	0,5	2		0	0,25	0,8	1	0	0,2	0	0,285714	0	0,636364	1	0	0,85	1	0,5	6,522078
E057		2	0,5	1,5	2	0,3	0	2	2	0,2	0,5	0	0,8	0,5	1	2			0,25	0,533333	0,5	1	0,3	0	0,285714	1	0,727273	0	0	0,8	0	1	6,39632
E058		3	0,45	2	2	0,3	0	3	2	0,3	1	0	0,5	1	1	4			0,5	0,466667	1	1	0,3	0	0,428571	1	0,818182	1	0	0,5	1	1	9,01342
E059		3	0,6	2	2	0,35	0		1	0,2	1	0		1	1	3			0,5	0,666667	1	1	0,35	0		0,5	0,727273	1	0		1	1	7,743939
E060	3	2	0,3	2	2	0,15	0	3	2	0,25	1	0	0,3	1	1	3		0,2	0,25	0,266667	1	1	0,15	0	0,428571	1	0,772727	1	0	0,3	1	1	8,367965
E061		3	0,1	2	2		0	1	0		1	0,85		1	0	1			0,5	0	1	1		0	0,142857	0		1	0,85		1	0	5,492857
E062		2	0,65	2	1	0,2	0	3	0	0,25	1	0,9	1	1	1	3			0,25	0,733333	1	0	0,2	0	0,428571	0	0,772727	1	0,9	1	1	1	8,284632
E063	5	2	0,6	2	2	0,25	0	5	1	0,2	1	0	0,9	1	1	4		0,4	0,25	0,666667	1	1	0,25	0	0,714286	0,5	0,727273	1	0	0,9	1	1	9,408225
E064	6	3,5	0,2	1,5	1,5	0,85	0	4	1	0,15	1	0,2	0,85	1	1	3		0,5	0,625	0,133333	0,5	0,5	0,85	0	0,571429	0,5	0,681818	1	0,2	0,85	1	1	8,91158
E065		4	0,51	2		0,17	0	3	2	-0,55	1	0,19	0,39		1	2			0,75	0,546667	1		0,17	0	0,428571	1	0,045455	1	0,19	0,39		1	6,520693
E066	5	4	0,5	2	2	0,15	0,3	5	1	0	1	0,25	0,75	1	1	4		0,4	0,75	0,533333	1	1	0,15	0,333333	0,714286	0,5	0,545455	1	0,25	0,75	1	1	9,926407
E067	1	1	0,6	2	1	0	0	1	0	-0,25	1	0		1	0	1		0	0	0,666667	1	0	0	0	0,142857	0	0,318182	1	0		1	0	4,127706
E068		4	0,7	2	2	0	0	4	1,5	-0,4	1	0	1	1	1	4			0,75	0,8	1	1	0	0	0,571429	0,75	0,181818	1	0	1	1	1	9,053247
E069		5	0,6	1,5	2	0	0	4	0,5	-0,4	1	0	1	1	1	3			1	0,666667	0,5	1	0	0	0,571429	0,25	0,181818	1	0	1	1	1	8,169913
E070	3	3,5	0,25	2	2	0	0	3	0	0,2	1	0	0,8	1	1	3		0,2	0,625	0,2	1	1	0	0	0,428571	0	0,727273	1	0	0,8	1	1	7,980844
E071		2	0,3	1,5	1,5	0	0,25	5	1	0,3	1	0,75	0,85	1	1	3			0,25	0,266667	0,5	0,5	0	0,277778	0,714286	0,5	0,818182	1	0,75	0,85	1	1	8,426912
E072	1	2,5	0,65	2	1		0,9	2	0		1	0,9		1	1	2		0	0,375	0,733333	1	0		1	0,285714	0		1	0,9		1	1	7,294048
E073	3	3	0,45	2	2	0,2	0	3	0	0,1	1	0,9	0,75	1	1	4		0,2	0,5	0,466667	1	1	0,2	0	0,428571	0	0,636364	1	0,9	0,75	1	1	9,081602
E074	5	4	0,6	1,5	2	0,15	0	4	2	0	1	0,8	0,8	1	1	4		0,4	0,75	0,666667	0,5	1	0,15	0	0,571429	1	0,545455	1	0,8	0,8	1	1	10,18355
E097	3	2	0,25	1,5	2	0	0,2	2	0	0,2	1	1	0,75	1	1	3		0,2	0,25	0,2	0,5	1	0	0,222222	0,285714	0	0,727273	1	1	0,75	1	1	8,135209
E076	2	2	0,5	2	2	0	0,8	4	1	0,5	1	0,9	0,9	1	1	5		0,1	0,25	0,533333	1	1	0	0,888889	0,571429	0,5	1	1	0,9	0,9	1	1	10,64365
E077		4	0,6	2	2	0,3	0,35	5	1	0,3	1	0,6	0,85	1	1	5			0,75	0,666667	1	1	0,3	0,388889	0,714286	0,5	0,818182	1	0,6	0,85	1	1	10,58802
E078		1	0,5	2	2	0	0	3	1	-0,5	1	0,4	1	1	1	3			0	0,533333	1	1	0	0	0,428571	0,5	0,090909	1	0,4	1	1	1	7,952814

TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang A.4: Bewertungsmatrix_normiert_mit_Sternen.xlsx

Unnamed: 0	K001	K002	K003	K004	K005	K006	K007	K008	K009	K010	K011	K012	K013	K014	K015	Anzahl Sterne	Manuelle_Sterne	K001_normiert	K002_normiert	K003_normiert	K004_normiert	K005_normiert	K006_normiert	K007_normiert	K008_normiert	K009_normiert	K010_normiert	K011_normiert	K012_normiert	K013_normiert	K014_normiert	K015_normiert	Norm_Summe
E079	2	3	0,65	2	2	0	0,4	3	0,5	0,3	1	0,4	0,9	1	1	4		0,1	0,5	0,733333	1	1	0	0,444444	0,428571	0,25	0,818182	1	0,4	0,9	1	1	9,574531
E080		2	0,5	1	1,5	0,2	0	3	0	0,2	1	0	0,9	1	1	2			0,25	0,533333	0	0,5	0,2	0	0,428571	0	0,727273	1	0	0,9	1	1	6,539177
E081	3	2	0,4	2	1,5	0	0	2	0	0,4	1	0,2	0,7	1	1	2		0,2	0,25	0,4	1	0,5	0	0	0,285714	0	0,909091	1	0,2	0,7	1	1	7,444805
E082	4	4	0,65	2	1,5	0	0	3	0	-0,5	1	0,85	0,9	1	1	3		0,3	0,75	0,733333	1	0,5	0	0	0,428571	0	0,090909	1	0,85	0,9	1	1	8,552814
E083	4	3	0,65	1,5	2	0	0	7	0	-0,35	1	0,9	0,85	1	1		4	0,3	0,5	0,733333	0,5	1	0	0	1	0	0,227273	1	0,9	0,85	1	1	9,010606
E084	6	4	0,7	1,5	1,5	0,25	0	5	0,5	-0,25	1	0,2	0,75	1	1		3	0,5	0,75	0,8	0,5	0,5	0,25	0	0,714286	0,25	0,318182	1	0,2	0,75	1	1	8,532468
E085	2	2	0,5	2	2	0	0,85	4	0	0,2	1	0,9	0,7	1	1		4	0,1	0,25	0,533333	1	1	0	0,944444	0,571429	0	0,727273	1	0,9	0,7	1	1	9,726479
E086	5	4	0,7	2	2	0,2	0,7	4	1	-0,3	1	1	0,65	1	1		5	0,4	0,75	0,8	1	1	0,2	0,777778	0,571429	0,5	0,272727	1	1	0,65	1	1	10,92193
E087		5	0,45	1,5	2	0	0	3	2	0,5	1	0,35	1	1	0,5		4		1	0,466667	0,5	1	0	0	0,428571	1	1	1	0,35	1	1	0,5	9,245238
E088	4	4	0,65	2	1,5	0	0,4	4	1	-0,4	1	0,4	0,5	1	1		3	0,3	0,75	0,733333	1	0,5	0	0,444444	0,571429	0,5	0,181818	1	0,4	0,5	1	1	8,881025
E089	3	4	0,45	2	2	0	0,6	1	0,5	0,4	1	1	0,9	1	1		4	0,2	0,75	0,466667	1	1	0	0,666667	0,142857	0,25	0,909091	1	1	0,9	1	1	10,28528
E075	4	1,5	0,5	1	1	0	0	1	0	-0,4	1	0,5	1	1	1		1	0,3	0,125	0,533333	0	0	0	0	0,142857	0	0,181818	1	0,5	1	1	1	5,783009
E091	4	5	0,65	2	2	0,15	0	5	2	-0,3	1	0	0,85	1	1		4	0,3	1	0,733333	1	1	0,15	0	0,714286	1	0,272727	1	0	0,85	1	1	10,02035
E092	2	4,5	0,5	2	2	0	0	3	0	0,25	1	0,15	0,9	1	1		3	0,1	0,875	0,533333	1	1	0	0	0,428571	0	0,772727	1	0,15	0,9	1	1	8,759632
E093		3	0,6	2	2	0,3	0,25		1	-0,2	1	0,35		1	0,5		2		0,5	0,666667	1	1	0,3	0,277778		0,5	0,363636	1	0,35		1	0,5	7,458081
E094	5	3,5	0,65	2	2	0	0	4	2	-0,4	1	0,1	0,95	1	1		4	0,4	0,625	0,733333	1	1	0	0	0,571429	1	0,181818	1	0,1	0,95	1	1	9,56158
E049	1	1,5	0,85	2	1	0,1	0	0	1	0,1	1	0		1	0,5		1	0	0,125	1	1	0	0,1	0	0	0,5	0,636364	1	0		1	0,5	5,861364
E096	6	4	0,5	2	2	0,5	0	4	0	-0,5	1	0	0,3	1	1		3	0,5	0,75	0,533333	1	1	0,5	0	0,571429	0	0,090909	1	0	0,3	1	1	8,245671
E031		4	0,15	2	1,5	0,3	0	0	0	0,2	0,7	0	1	1	0		1		0,75	0,066667	1	0,5	0,3	0	0	0	0,727273	0,4	0	1	1	0	5,743939
E098	4	4	0,5	1,5	1,5	0,15	0,3	3	0	-0,3	1	0	0,85	1	1		3	0,3	0,75	0,533333	0,5	0,5	0,15	0,333333	0,428571	0	0,272727	1	0	0,85	1	1	7,617965
E099	4	3	0,6	2	2	0,05	0,75	5	2	-0,5	1	0,9	0,85	1	1		5	0,3	0,5	0,666667	1	1	0,05	0,833333	0,714286	1	0,090909	1	0,9	0,85	1	1	10,90519
E100	4	3	0,65	1,5	2	0		4	2	-0,5	1	1	0,9	1	1		4	0,3	0,5	0,733333	0,5	1	0		0,571429	1	0,090909	1	1	0,9	1	1	9,595671
E101	4	3	0,6	1	1,5	0	0	3	1,5	-0,4	1	0,15	0,95	1	1		2	0,3	0,5	0,666667	0	0,5	0	0	0,428571	0,75	0,181818	1	0,15	0,95	1	1	7,427056
E102	3	2	0,3	2	2	0,4	0	3	1	0,3	1	0	0,9	1	1		3	0,2	0,25	0,266667	1	1	0,4	0	0,428571	0,5	0,818182	1	0	0,9	1	1	8,76342
E103	5	4	0,7	1,5	1,5	0	0	5	1	-0,3	1	0,25	1	1	1		3	0,4	0,75	0,8	0,5	0,5	0	0	0,714286	0,5	0,272727	1	0,25	1	1	1	8,687013
E104	2	2	0,5	2	1,5	0,1	0,15	2	0	-0,4	1	0	0,6	1	1		2	0,1	0,25	0,533333	1	0,5	0,1	0,166667	0,285714	0	0,181818	1	0	0,6	1	1	6,717532
E105	2	2	0,7	2	1,5	0,15	0	3	0	-0,2	1	0	1	1	1		3	0,1	0,25	0,8	1	0,5	0,15	0	0,428571	0	0,363636	1	0	1	1	1	7,592208
E106	7	3	0,5	2	2	0,2	0,2	4	1,5	0,2	1	0,4	0,6	1	1		4	0,6	0,5	0,533333	1	1	0,2	0,222222	0,571429	0,75	0,727273	1	0,4	0,6	1	1	10,10426
E107	4	2	0,2	1,5	1,5	0	0	2	0	0,4	1	0	1	1	0,5		2	0,3	0,25	0,133333	0,5	0,5	0	0	0,285714	0	0,909091	1	0	1	1	0,5	6,378139

TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang A.5: Bewertungsmatrix_final_mit_GroundTruth.xlsx

	K002	K003	K004	K005	K006	K007	K008	K009	K010	K011	K012	K013	K015	Anzahl Sterne	Ground Truth
E001	3	0,45	1,5	2	0,2	0	3	0	-0,4	1	0	0,5	1	2	
E002	4	0,35	2	2	0	0,4	2	0	0,1	1	0,4	0,3	1	3	
E004	3	0,2	2	2	0,35	0	2	0	0,2	1	0	0,2	1	3	
E007	5	0,3	1,5	2	0,3	0	3	0	0,15	1	0	0,15	1	3	
E008	4	0,35	1,5	2	0,2	0	2	0	-0,2	1	0	0,3	0	2	
E009	3	0,45	2	2	0	0	3	0,5	0	1	0,15	0	1	1	
E010	3	0,5	1,5	2	0	0,3	3	0	0	1	0	0,7	1	2	
E013	4	0,35	1,5	2	0	0	2	0	0,3	1	0,15	0,6	1	3	
E014	4	0,2	1,5	2	0,2	0	7	2	0,2	1	0,2	0,1	1	4	
E015	2	0,4	2	2	0,1	0,05	3	0	0,3	1	0,7	0,8	1	3	
E017	3	0,2	2	2	0	0	1	2	-0,1	1	0	0,2	0	2	
E018	3	0,6	1	2	0	0,1	7	0	0	1	0,2	0	1	2	
E019	2	0,5	2	2	0	0	3	2	0,5	1	0	0,8	1	4	
E020	2	0,6	1,5	1	0,5	0,35	4	0	-0,3	0,6	0,6	0,6	1	2	
E021	3	0,4	1,5	1	0	0	3	0	0,15	1	0,8	0,1	1	2	
E022	0	0,5	2	2	0,05	0,35	2	1,5	-0,5	1	0,4	0,2	1	3	
E023	5	0,1	2	2	0	0	1	0	0,2	0,7	0	0,8	1	2	
E024	3	0,25	2	2	0,5	0,15	3	2	0,2	1	0,3	0,3	1	4	
E025	3	0,5	1,5	2	0,15	0	4	0	-0,3	1	0	0,3	1	2	
E026	5	0,6	2	2	0	0	4	2	0	1	0	0	1	3	
E027	4	0,6	1,5	2	0,05	0	2	2	0,3	1	0,85	0,6	1	4	
E029	5	0,45	1,5	2	0,5	0	3	2	0,4	0,6	0,2	0,85	1	3	
E030	3	0,4	1,5	2	0,15	0	2	2	0	0,5	0,8	0	1	2	
E090	5	0,4	2	1,5	0,1	0,6	2	0	-0,4	1	1	1	1	4	
E032	2	0,6	1,5	1	0	0	1	0	-0,6	1	0	1	1	1	
E033	3	0,6	2	1,5	0,05	0	5	1,5	-0,3	1	0,4	0,7	1	3	
E034	2	0,2	2	2	0	0	1	2	0	1	0,3	0,5	1	3	
E035	2	0,3	1,5	2	0	0	1	0	0,2	1	0	0,1	0	1	
E036	4	0,6	2	2	0	0,1	4	1,5	0,3	1	0,6	0,3	1	5	
E037	2,5	0,5	2	2	0,6	0,2	3	1,5	-0,2	1	0,3	0	1	4	
E038	4	0,5	1,5	2	0	0	4	2	0	1	0,25	0	1	3	
E039	4,5	0,7	2	1,5	0	0	5	2	0,5	1	0	0,9	1	4	
E040	3	0,5	2	2	0,5	0	3	0	0,3	1	0,1	0,8	1	3	
E041	3	0,25	2	1,5	0,45	0	2	1	0,2	1	0	1	1	3	
E042	4	0,4	1	2	0	0	3	0	0,3	1	0	0,6	1	2	

TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang A.5: Bewertungsmatrix_final_mit_GroundTruth.xlsx

	K002	K003	K004	K005	K006	K007	K008	K009	K010	K011	K012	K013	K015	Anzahl Sterne	Ground Truth
E043	3	0,35	1,5	1,5	0,35	0	4	1,5	0,2	1	0,2	0,85	1	3	
E044	2,5	0,6	2	2	0	0	3	0	0	1	0	0,25	1	2	
E045	2	0,45	1	2	0,1	0	2	0	0,4	1	0	0,85	1	2	
E046	2	0,4	2	2	0,4	0	2	0	0,25	1	0	0,9	1	3	
E047	3	0,4	2	1,5	0,7	0	2	2	0,1	1	0	0,8	0	3	
E048	3,5	0,6	2	2	0,5	0	5	2	-0,2	1	0	0,3	1	4	
E095	3	0,7	2	2	0	0	4	0	-0,3	1	0	1	1	3	
E050	2	0,25	2	2	0,8	0	1	0	0,2	1	0	0,8	0	2	
E051	2	0,55	1,5	2	0	0	3	2	0	1	0	0	1	2	
E052	5	0,3	2	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	2	
E053	3	0,55	2	1,5	0,4	0	0	2	0,3	1	0,5	0,8	0,5	3	
E054	3	0,6	2	1,5	0	0	3	1,5	0	1	0	0	0,5	2	
E055	2,5	0,6	2	1	1	0	0	2	-0,4	1	0	0,6	1	3	
E056	2	0,7	2	1	0,2	0	2	0	0,1	1	0	0,85	0,5	2	
E057	2	0,5	1,5	2	0,3	0	2	2	0,2	0,5	0	0,8	1	2	
E058	3	0,45	2	2	0,3	0	3	2	0,3	1	0	0,5	1	4	
E059	3	0,6	2	2	0,35	0	0	1	0,2	1	0	0	1	3	
E060	2	0,3	2	2	0,15	0	3	2	0,25	1	0	0,3	1	3	
E061	3	0,1	2	2	0	0	1	0	0	1	0,85	0	0	1	
E062	2	0,65	2	1	0,2	0	3	0	0,25	1	0,9	1	1	3	
E063	2	0,6	2	2	0,25	0	5	1	0,2	1	0	0,9	1	4	
E064	3,5	0,2	1,5	1,5	0,85	0	4	1	0,15	1	0,2	0,85	1	3	
E065	4	0,51	2	0	0,17	0	3	2	-0,55	1	0,19	0,39	1	2	
E066	4	0,5	2	2	0,15	0,3	5	1	0	1	0,25	0,75	1	4	
E067	1	0,6	2	1	0	0	1	0	-0,25	1	0	0	0	1	
E068	4	0,7	2	2	0	0	4	1,5	-0,4	1	0	1	1	4	
E069	5	0,6	1,5	2	0	0	4	0,5	-0,4	1	0	1	1	3	
E070	3,5	0,25	2	2	0	0	3	0	0,2	1	0	0,8	1	3	
E071	2	0,3	1,5	1,5	0	0,25	5	1	0,3	1	0,75	0,85	1	3	
E072	2,5	0,65	2	1	0	0,9	2	0	0	1	0,9	0	1	2	
E073	3	0,45	2	2	0,2	0	3	0	0,1	1	0,9	0,75	1	4	
E074	4	0,6	1,5	2	0,15	0	4	2	0	1	0,8	0,8	1	4	
E097	2	0,25	1,5	2	0	0,2	2	0	0,2	1	1	0,75	1	3	
E076	2	0,5	2	2	0	0,8	4	1	0,5	1	0,9	0,9	1	5	
E077	4	0,6	2	2	0,3	0,35	5	1	0,3	1	0,6	0,85	1	5	

TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang A.5: Bewertungsmatrix_final_mit_GroundTruth.xlsx

	K002	K003	K004	K005	K006	K007	K008	K009	K010	K011	K012	K013	K015	Anzahl Sterne	Ground Truth
E078	1	0,5	2	2	0	0	3	1	-0,5	1	0,4	1	1	3	
E079	3	0,65	2	2	0	0,4	3	0,5	0,3	1	0,4	0,9	1	4	
E080	2	0,5	1	1,5	0,2	0	3	0	0,2	1	0	0,9	1	2	
E081	2	0,4	2	1,5	0	0	2	0	0,4	1	0,2	0,7	1	2	
E082	4	0,65	2	1,5	0	0	3	0	-0,5	1	0,85	0,9	1	3	
E083	3	0,65	1,5	2	0	0	7	0	-0,35	1	0,9	0,85	1		4
E084	4	0,7	1,5	1,5	0,25	0	5	0,5	-0,25	1	0,2	0,75	1		3
E085	2	0,5	2	2	0	0,85	4	0	0,2	1	0,9	0,7	1		4
E086	4	0,7	2	2	0,2	0,7	4	1	-0,3	1	1	0,65	1		5
E087	5	0,45	1,5	2	0	0	3	2	0,5	1	0,35	1	0,5		4
E088	4	0,65	2	1,5	0	0,4	4	1	-0,4	1	0,4	0,5	1		3
E089	4	0,45	2	2	0	0,6	1	0,5	0,4	1	1	0,9	1		4
E075	1,5	0,5	1	1	0	0	1	0	-0,4	1	0,5	1	1		1
E091	5	0,65	2	2	0,15	0	5	2	-0,3	1	0	0,85	1		4
E092	4,5	0,5	2	2	0	0	3	0	0,25	1	0,15	0,9	1		3
E093	3	0,6	2	2	0,3	0,25	0	1	-0,2	1	0,35	0	0,5		2
E094	3,5	0,65	2	2	0	0	4	2	-0,4	1	0,1	0,95	1		4
E049	1,5	0,85	2	1	0,1	0	0	1	0,1	1	0	0	0,5		1
E096	4	0,5	2	2	0,5	0	4	0	-0,5	1	0	0,3	1		3
E031	4	0,15	2	1,5	0,3	0	0	0	0,2	0,7	0	1	0		1
E098	4	0,5	1,5	1,5	0,15	0,3	3	0	-0,3	1	0	0,85	1		3
E099	3	0,6	2	2	0,05	0,75	5	2	-0,5	1	0,9	0,85	1		5
E100	3	0,65	1,5	2	0	0	4	2	-0,5	1	1	0,9	1		4
E101	3	0,6	1	1,5	0	0	3	1,5	-0,4	1	0,15	0,95	1		2
E102	2	0,3	2	2	0,4	0	3	1	0,3	1	0	0,9	1		3
E103	4	0,7	1,5	1,5	0	0	5	1	-0,3	1	0,25	1	1		3
E104	2	0,5	2	1,5	0,1	0,15	2	0	-0,4	1	0	0,6	1		2
E105	2	0,7	2	1,5	0,15	0	3	0	-0,2	1	0	1	1		3
E106	3	0,5	2	2	0,2	0,2	4	1,5	0,2	1	0,4	0,6	1		4
E107	2	0,2	1,5	1,5	0	0	2	0	0,4	1	0	1	0,5		2

TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang A.6: Bewertungsmatrix_final_mitSternevergabe.xlsx

	K002	K003	K004	K005	K006	K007	K008	K009	K010	K011	K012	K013	K015	Anzahl Sterne	Manuelle _Sterne
E001	3	0,45	1,5	2	0,2	0	3	0	-0,4	1	0	0,5	1	2	
E002	4	0,35	2	2	0	0,4	2	0	0,1	1	0,4	0,3	1	3	
E004	3	0,2	2	2	0,35	0	2	0	0,2	1	0	0,2	1	3	
E007	5	0,3	1,5	2	0,3	0	3	0	0,15	1	0	0,15	1	3	
E008	4	0,35	1,5	2	0,2	0	2	0	-0,2	1	0	0,3	0	2	
E009	3	0,45	2	2	0	0	3	0,5	0	1	0,15	0	1	1	
E010	3	0,5	1,5	2	0	0,3	3	0	0	1	0	0,7	1	2	
E013	4	0,35	1,5	2	0	0	2	0	0,3	1	0,15	0,6	1	3	
E014	4	0,2	1,5	2	0,2	0	7	2	0,2	1	0,2	0,1	1	4	
E015	2	0,4	2	2	0,1	0,05	3	0	0,3	1	0,7	0,8	1	3	
E017	3	0,2	2	2	0	0	1	2	-0,1	1	0	0,2	0	2	
E018	3	0,6	1	2	0	0,1	7	0	0	1	0,2	0	1	2	
E019	2	0,5	2	2	0	0	3	2	0,5	1	0	0,8	1	4	
E020	2	0,6	1,5	1	0,5	0,35	4	0	-0,3	0,6	0,6	0,6	1	2	
E021	3	0,4	1,5	1	0	0	3	0	0,15	1	0,8	0,1	1	2	
E022	0	0,5	2	2	0,05	0,35	2	1,5	-0,5	1	0,4	0,2	1	3	
E023	5	0,1	2	2	0	0	1	0	0,2	0,7	0	0,8	1	2	
E024	3	0,25	2	2	0,5	0,15	3	2	0,2	1	0,3	0,3	1	4	
E025	3	0,5	1,5	2	0,15	0	4	0	-0,3	1	0	0,3	1	2	
E026	5	0,6	2	2	0	0	4	2	0	1	0	0	1	3	
E027	4	0,6	1,5	2	0,05	0	2	2	0,3	1	0,85	0,6	1	4	
E029	5	0,45	1,5	2	0,5	0	3	2	0,4	0,6	0,2	0,85	1	3	
E030	3	0,4	1,5	2	0,15	0	2	2	0	0,5	0,8	0	1	2	
E090	5	0,4	2	1,5	0,1	0,6	2	0	-0,4	1	1	1	1	4	
E032	2	0,6	1,5	1	0	0	1	0	-0,6	1	0	1	1	1	
E033	3	0,6	2	1,5	0,05	0	5	1,5	-0,3	1	0,4	0,7	1	3	
E034	2	0,2	2	2	0	0	1	2	0	1	0,3	0,5	1	3	
E035	2	0,3	1,5	2	0	0	1	0	0,2	1	0	0,1	0	1	
E036	4	0,6	2	2	0	0,1	4	1,5	0,3	1	0,6	0,3	1	5	
E037	2,5	0,5	2	2	0,6	0,2	3	1,5	-0,2	1	0,3	0	1	4	
E038	4	0,5	1,5	2	0	0	4	2	0	1	0,25	0	1	3	
E039	4,5	0,7	2	1,5	0	0	5	2	0,5	1	0	0,9	1	4	
E040	3	0,5	2	2	0,5	0	3	0	0,3	1	0,1	0,8	1	3	
E041	3	0,25	2	1,5	0,45	0	2	1	0,2	1	0	1	1	3	
E042	4	0,4	1	2	0	0	3	0	0,3	1	0	0,6	1	2	

TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang A.6: Bewertungsmatrix_final_mitSternevergabe.xlsx

	K002	K003	K004	K005	K006	K007	K008	K009	K010	K011	K012	K013	K015	Anzahl Sterne	Manuelle _Sterne
E043	3	0,35	1,5	1,5	0,35	0	4	1,5	0,2	1	0,2	0,85	1	3	
E044	2,5	0,6	2	2	0	0	3	0	0	1	0	0,25	1	2	
E045	2	0,45	1	2	0,1	0	2	0	0,4	1	0	0,85	1	2	
E046	2	0,4	2	2	0,4	0	2	0	0,25	1	0	0,9	1	3	
E047	3	0,4	2	1,5	0,7	0	2	2	0,1	1	0	0,8	0	3	
E048	3,5	0,6	2	2	0,5	0	5	2	-0,2	1	0	0,3	1	4	
E095	3	0,7	2	2	0	0	4	0	-0,3	1	0	1	1	3	
E050	2	0,25	2	2	0,8	0	1	0	0,2	1	0	0,8	0	2	
E051	2	0,55	1,5	2	0	0	3	2	0	1	0	0	1	2	
E052	5	0,3	2	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	2	
E053	3	0,55	2	1,5	0,4	0	0	2	0,3	1	0,5	0,8	0,5	3	
E054	3	0,6	2	1,5	0	0	3	1,5	0	1	0	0	0,5	2	
E055	2,5	0,6	2	1	1	0	0	2	-0,4	1	0	0,6	1	3	
E056	2	0,7	2	1	0,2	0	2	0	0,1	1	0	0,85	0,5	2	
E057	2	0,5	1,5	2	0,3	0	2	2	0,2	0,5	0	0,8	1	2	
E058	3	0,45	2	2	0,3	0	3	2	0,3	1	0	0,5	1	4	
E059	3	0,6	2	2	0,35	0	0	1	0,2	1	0	0	1	3	
E060	2	0,3	2	2	0,15	0	3	2	0,25	1	0	0,3	1	3	
E061	3	0,1	2	2	0	0	1	0	0	1	0,85	0	0	1	
E062	2	0,65	2	1	0,2	0	3	0	0,25	1	0,9	1	1	3	
E063	2	0,6	2	2	0,25	0	5	1	0,2	1	0	0,9	1	4	
E064	3,5	0,2	1,5	1,5	0,85	0	4	1	0,15	1	0,2	0,85	1	3	
E065	4	0,51	2	0	0,17	0	3	2	-0,55	1	0,19	0,39	1	2	
E066	4	0,5	2	2	0,15	0,3	5	1	0	1	0,25	0,75	1	4	
E067	1	0,6	2	1	0	0	1	0	-0,25	1	0	0	0	1	
E068	4	0,7	2	2	0	0	4	1,5	-0,4	1	0	1	1	4	
E069	5	0,6	1,5	2	0	0	4	0,5	-0,4	1	0	1	1	3	
E070	3,5	0,25	2	2	0	0	3	0	0,2	1	0	0,8	1	3	
E071	2	0,3	1,5	1,5	0	0,25	5	1	0,3	1	0,75	0,85	1	3	
E072	2,5	0,65	2	1	0	0,9	2	0	0	1	0,9	0	1	2	
E073	3	0,45	2	2	0,2	0	3	0	0,1	1	0,9	0,75	1	4	
E074	4	0,6	1,5	2	0,15	0	4	2	0	1	0,8	0,8	1	4	
E097	2	0,25	1,5	2	0	0,2	2	0	0,2	1	1	0,75	1	3	
E076	2	0,5	2	2	0	0,8	4	1	0,5	1	0,9	0,9	1	5	
E077	4	0,6	2	2	0,3	0,35	5	1	0,3	1	0,6	0,85	1	5	

TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang A.6: Bewertungsmatrix_final_mitSternevergabe.xlsx

	K002	K003	K004	K005	K006	K007	K008	K009	K010	K011	K012	K013	K015	Anzahl Sterne	Manuelle _Sterne
E078	1	0,5	2	2	0	0	3	1	-0,5	1	0,4	1	1	3	
E079	3	0,65	2	2	0	0,4	3	0,5	0,3	1	0,4	0,9	1	4	
E080	2	0,5	1	1,5	0,2	0	3	0	0,2	1	0	0,9	1	2	
E081	2	0,4	2	1,5	0	0	2	0	0,4	1	0,2	0,7	1	2	
E082	4	0,65	2	1,5	0	0	3	0	-0,5	1	0,85	0,9	1	3	
E083	3	0,65	1,5	2	0	0	7	0	-0,35	1	0,9	0,85	1	4	4
E084	4	0,7	1,5	1,5	0,25	0	5	0,5	-0,25	1	0,2	0,75	1	4	3
E085	2	0,5	2	2	0	0,85	4	0	0,2	1	0,9	0,7	1	4	4
E086	4	0,7	2	2	0,2	0,7	4	1	-0,3	1	1	0,65	1	5	5
E087	5	0,45	1,5	2	0	0	3	2	0,5	1	0,35	1	0,5	2	4
E088	4	0,65	2	1,5	0	0,4	4	1	-0,4	1	0,4	0,5	1	3	3
E089	4	0,45	2	2	0	0,6	1	0,5	0,4	1	1	0,9	1	4	4
E075	1,5	0,5	1	1	0	0	1	0	-0,4	1	0,5	1	1	1	1
E091	5	0,65	2	2	0,15	0	5	2	-0,3	1	0	0,85	1	4	4
E092	4,5	0,5	2	2	0	0	3	0	0,25	1	0,15	0,9	1	3	3
E093	3	0,6	2	2	0,3	0,25	0	1	-0,2	1	0,35	0	0,5	2	2
E094	3,5	0,65	2	2	0	0	4	2	-0,4	1	0,1	0,95	1	4	4
E049	1,5	0,85	2	1	0,1	0	0	1	0,1	1	0	0	0,5	3	1
E096	4	0,5	2	2	0,5	0	4	0	-0,5	1	0	0,3	1	3	3
E031	4	0,15	2	1,5	0,3	0	0	0	0,2	0,7	0	1	0	2	1
E098	4	0,5	1,5	1,5	0,15	0,3	3	0	-0,3	1	0	0,85	1	2	3
E099	3	0,6	2	2	0,05	0,75	5	2	-0,5	1	0,9	0,85	1	5	5
E100	3	0,65	1,5	2	0	0	4	2	-0,5	1	1	0,9	1	4	4
E101	3	0,6	1	1,5	0	0	3	1,5	-0,4	1	0,15	0,95	1	2	2
E102	2	0,3	2	2	0,4	0	3	1	0,3	1	0	0,9	1	3	3
E103	4	0,7	1,5	1,5	0	0	5	1	-0,3	1	0,25	1	1	3	3
E104	2	0,5	2	1,5	0,1	0,15	2	0	-0,4	1	0	0,6	1	2	2
E105	2	0,7	2	1,5	0,15	0	3	0	-0,2	1	0	1	1	3	3
E106	3	0,5	2	2	0,2	0,2	4	1,5	0,2	1	0,4	0,6	1	4	4
E107	2	0,2	1,5	1,5	0	0	2	0	0,4	1	0	1	0,5	3	2

Anhang B.1: app.py-Skript

```
import streamlit as st
import zipfile
import tempfile
import os
import shutil
import subprocess
import pandas as pd
import geopandas as gpd
import joblib
import glob
import sys
import base64
from pathlib import Path
import streamlit.components.v1 as components


# --- Einstellungen & Hinweise

st.set_page_config(
    page_title="Die Digitale Jury",
    layout="centered"
)
st.title("Die Digitale Jury – objektive Bewertung städtebaulicher Entwürfe")
st.markdown("""
######
Willkommen bei der **digitalen Jury**!
Das Tool ermöglicht die automatische Bewertung städtebaulicher Entwürfe anhand von **13 definierten Kriterien**. Grundlage bildet ein **trainiertes Random-Forest-Modell**, das die Bewertung datenbasiert vornimmt.

---

### **So funktioniert es**

**Entwurf vorbereiten:**
Speichere die Geodaten der Entwürfe im **Shapefile-Format** (`.shp`) mit den **exakten Dateinamen** (siehe Tabelle unten).
Jedes `.shp` benötigt seine zugehörigen Begleitdateien (`.shx`, `.dbf`, `.prj`).
Alle zu einem Entwurf gehörenden Dateien sind sind anschließend **in einer gemeinsamen ZIP-Datei** zu speichern und hochzuladen (je Entwurf eine ZIP-Datei).

Die Kriterien werden automatisch berechnet, fehlende Werte werden mit `0` ersetzt.
Die **Digitale Jury** vergibt jedem Entwurf eine objektive Bewertung von **1 bis 5 Sternen**.

---

### **Benötigte Dateien und Datenstruktur**

**Wichtig:**
In jeder Shapefile müssen die unten genannten **Spalten (Felder)** in der Attributtabelle korrekt vorhanden sein.
Jedes Objekt, wie z. B. ein Gebäude oder eine Fläche, ist dabei eine **Zeile** in der Attributtabelle.
Die **Layer-Namen**, **Spalten-Namen** und **Attributwerte** müssen **exakt** so geschrieben sein, wie unten angegeben. Beachte auch die Groß- und Kleinschreibung.
Alle Dateien müssen in einem einheitlichen **Koordinatensystem** vorliegen.
Achte darauf, dass sich die Geometrien innerhalb des Bewertungsgebiets **nicht überschneiden oder mehrfach vorkommen**.
Überlagerungen, sowohl innerhalb eines Layers als auch zwischen verschiedenen Layern, können zu fehlerhaften Berechnungen führen, beispielsweise durch doppelt gezählte Flächenanteile oder unklare Abgrenzungen.

Verwende **korrekte, vollständige Geometrien** – leere oder fehlerhafte Layer führen zu unvollständigen Ergebnissen.
Wenn ein Layer oder Attribut fehlt oder falsch benannt ist, kann das entsprechende Kriterium **nicht berechnet werden** und wird automatisch mit `0` bewertet.
```

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Bitte stelle sicher, dass deine ZIP-Datei folgende Layer enthält (sofern vorhanden):

Layer	Benötigte Spalten
`Gebaeude.shp`	`Geb_Hoehe`
`Gebaeude_Umgebung.shp`	–
`Dachgruen.shp`	–
`PV_Anlage.shp`	–
`Verkehrsflaechen.shp`	`Nutzung` mit `Fuss_Rad`, `Kfz_Flaeche`, `Begegnungszone`
`Verkehrsmittellinie.shp`	–
`oeffentliche_Gruenflaechen.shp`	`Nutzung`
`private_Gruenflaechen.shp`	–
`oeffentliche_Plaetze.shp`	–
`Wasser.shp`	–
`Baeume_Entwurf.shp`	–
`Bestandsbaeume.shp`	–
`Bestandsgruen.shp`	–
`Gebietsabgrenzung.shp`	–

„““)

```
# --- Kriterien-Handbuch (PDF) nach Layerstruktur anzeigen
st.markdown(„---“)
st.subheader(„Handbuch-Kriterien (Download & Vorschau)“)

st.markdown(„““
Das **Handbuch-Kriterien** erläutert alle **13 Bewertungskriterien** der Digitalen Jury im Detail.
Es beschreibt, **wie jedes Kriterium berechnet** bzw. **bemessen** wird, welche Daten aus den
**GIS-Layern** benötigt werden und worauf bei der **Vorbereitung der Entwurfsdaten** zu achten
ist. Somit kann das Handbuch als Orientierung bei der **Datenaufbereitung in GIS**,
zur **Nachvollziehbarkeit der automatischen Bewertung** sowie als **Hilfestellung für die Interpretation der Ergebnisse** dienen.
„““)

DEFAULT_PDF_PATH = Path(„assets/Handbuch-Kriterien.pdf“)

if DEFAULT_PDF_PATH.exists():
    pdf_bytes = DEFAULT_PDF_PATH.read_bytes()

    # --- Download-Button
    st.download_button(
        label=“Handbuch-Kriterien herunterladen“,
        data=pdf_bytes,
        file_name=“Handbuch-Kriterien.pdf“,
        mime=“application/pdf“,
        use_container_width=True
    )
else:
    st.warning(„Handbuch-Kriterien konnte nicht gefunden werden.“)
st.markdown(„---“)

st.markdown(„““
### **Hochladen**

Nutze das Upload-Feld unten, um deine **ZIP-Datei** hochzuladen.
Du kannst auch **mehrere ZIPs gleichzeitig** hochladen, um Entwürfe direkt zu vergleichen.
„““)

uploaded_files = st.file_uploader(
    „Entwürfe als ZIP hochladen“,
    type=“zip“,
    accept_multiple_files=True
)
```


Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang B.1: app.py-Skript

```
st.markdown(„““

---

### **Ergebnis & Download**

Nach der automatischen Bewertung kannst du:
- alle berechneten Kriterien und die Sternebewertung einsehen
- die Ergebnisse als **Excel-Datei herunterladen**
„““)


MODEL_PATH = „final_RF_model.pkl“
try:
    bundle = joblib.load(MODEL_PATH)
    if isinstance(bundle, dict) and „model“ in bundle and „features“ in bundle:
        rf_model = bundle[„model“]
        FEATURE_ORDER = list(bundle[„features“])
    else:
        rf_model = bundle
        # Fallback: exakt die Reihenfolge, mit der du trainiert hast
        FEATURE_ORDER = [„K002“,“K003“,“K004“,“K005“,“K006“,“K007“,“K008“,“K009“,“K010“,“K011“,
“K012“,“K013“,“K015“]
except Exception as e:
    st.error(f“Bewertungsmodell konnte nicht geladen werden: {e}“)
    st.stop()

FEATURE_ORDER = list(getattr(rf_model, „feature_names_in_“, FEATURE_ORDER))

# --- Verarbeitung
if uploaded_files:
    for zip_file in uploaded_files:
        st.write(f“Hochgeladen: `{zip_file.name}`“)
        with st.spinner(„Verarbeite Entwurf ...“):
            with tempfile.TemporaryDirectory() as tmpdir:
                # --- Entpacken
                with zipfile.ZipFile(zip_file, „r“) as zip_ref:
                    zip_ref.extractall(tmpdir)
                # --- Erwartete Layer prüfen (einmalige Sammelmeldung) ---
                erwartete_layer = [
                        „Gebaeude.shp“,“Gebaeude_Umgebung.shp“,“Verkehrsflaechen.shp“,“Verkehrs-
mittellinie.shp“,
                    „Dachgruen.shp“,“PV_Anlage.shp“,“oeffentliche_Gruenflaechen.shp“,“private_Gru-
enflaechen.shp“,
                        „oeffentliche_Plaetze.shp“,“Wasser.shp“,“Baeume_Entwurf.shp“,“Bestandsbaeume.
shp“,
                    „Bestandsgruen.shp“,“Gebietsabgrenzung.shp“
                ]

                missing_layers = [ly for ly in erwartete_layer if not os.path.exists(os.path.join(tmpdir, ly))]
                if missing_layers:
                    st.warning(„Fehlende Layer: „ + „, „.join(missing_layers))

                # --- Attribut-Checks
                erwartete_attributs = {
                    „Verkehrsflaechen“: [„Nutzung“],
                    „Gebaeude“: [„Geb_Hoehe“],
                    „oeffentliche_Gruenflaechen“: [„Nutzung“],
                }

                for layer_name, attrs in erwartete_attributs.items():
                    shp_path = os.path.join(tmpdir, f“{layer_name}.shp“)


                    if not os.path.exists(shp_path):
```

```
            continue

        try:
            layer = gpd.read_file(shp_path)
        except Exception as e:
            st.warning(f"`{layer_name}.shp` konnte nicht gelesen werden: {e}")
            continue

        missing_attrs_in_layer = [a for a in attrs if a not in layer.columns]
        if missing_attrs_in_layer:
            st.warning(
                f"In `{layer_name}.shp` fehlen folgende Attribute: {,, ,.join(missing_attrs_in_layer)}"
            )

    # --- Berechnungsskript starten
    try:
        shutil.copy(„shpVerknuepfung.py", tmpdir)
    except Exception as e:
        st.error(f"`shpVerknuepfung.py` konnte nicht in das Temp-Verzeichnis kopiert werden:
{e}")
        st.stop()

    result = subprocess.run(
        [sys.executable, „shpVerknuepfung.py", tmpdir],
        cwd=tmpdir,
        capture_output=True,
        text=True
    )
    # --- Log anzeigen
    if result.returncode != 0:
        st.error(„Fehler beim Ausführen von shpVerknuepfung.py")
        if result.stderr:
            with st.expander(„Fehlerdetails (stderr)"):
                st.code(result.stderr)
        if result.stdout:
            with st.expander(„Ausgabe (stdout)"):
                st.code(result.stdout)
        st.stop()
    else:
        if result.stderr:
            with st.expander(„Log aus shpVerknuepfung.py"):
                st.code(result.stderr)

    # --- Ergebnisse einlesen
    kriterien_path = os.path.join(tmpdir, „Kriterien_Ergebnisse.xlsx")
    if not os.path.exists(kriterien_path):
        st.error(„Bewertungsmatrix wurde nicht erstellt (Kriterien_Ergebnisse.xlsx fehlt).")
        if result.stdout:
            with st.expander(„Ausgabe (stdout)"):
                st.code(result.stdout)
        st.stop()

    try:
        df_raw = pd.read_excel(kriterien_path)
    except Exception as e:
        st.error(f"Kriterien_Ergebnisse.xlsx konnte nicht gelesen werden: {e}")
        st.stop()

    # --- Sichert Feature-Matrix
    X = pd.DataFrame({f: pd.to_numeric(df_raw.get(f), errors="coerce") for f in FEATURE_OR-
DER})
    X = X.fillna(0.0).astype(float)

    # --- Vorhersage
    try:
```


TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

```
    y_hat = rf_model.predict(X)[0]
    sterne = int(y_hat)
except Exception as e:
    st.error(f"Vorhersage fehlgeschlagen: {e}")
    st.stop()

st.success(f"□□ Bewertung: **{sterne} Sterne**")

# --- Werte anzeigen
NAMEN = {
    „K002":"Zukunftsfähige Mobilität", „K003":"Anteil Grünflächen",
    „K004":"Einbettung Umgebung", „K005":"Lärmschutz",
    „K006":"Erhalt Bestandgebäude", „K007":"PV-Anteil",
    „K008":"Nutzungsvielfalt Freiflächen", „K009":"Zugang Wasser",
    „K010":"Entsiegelung", „K011":"Rettungswege",
    „K012":"Dachbegrünung", „K013":"Erhalt Baumbestand",
    „K015":"Zonierung Freiflächen"
}
df_show = X.iloc[[0]].T.reset_index()
df_show.columns = [„Kriterium", „Wert"]
df_show[„Kriterium"] = df_show[„Kriterium"].map(NAMEN).fillna(df_show[„Kriterium"])
st.dataframe(df_show, hide_index=True)

# --- Download
out = X.copy()
out.columns = [NAMEN.get(c, c) for c in out.columns]
out[„Anzahl Sterne"] = sterne
output_path = os.path.join(tmpdir, f"Bewertung_{zip_file.name}.xlsx")
out.to_excel(output_path, index=False)
with open(output_path, „rb") as f:
    st.download_button(
        „Ergebnis als Excel herunterladen",
        data=f,
        file_name=f"Bewertung_{zip_file.name}.xlsx",
        mime="application/vnd.openxmlformats-officedocument.spreadsheetml.sheet"
    )
```

Anhang B.1: app.py-Skript

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.


```
import geopandas as gpd
import pandas as pd
import os
import numpy as np
import sys
import glob

projektpfad = sys.argv[1] if len(sys.argv) > 1 else „.“

layer_namen = [
    „Gebaeude“,
    „Gebaeude_Umgebung“,
    „Dachgruen“,
    „PV_Anlage“,
    „Verkehrsflaechen“,
    „Verkehrsmittellinie“,
    „oeffentliche_Gruenflaechen“,
    „oeffentliche_Plaetze“,
    „private_Gruenflaechen“,
    „Wasser“,
    „Baeume_Entwurf“,
    „Bestandsbaeume“,
    „Bestandsgruen“,
    „Gebietsabgrenzung“
]

layers = {}

for name in layer_namen:
    # Durchsuche rekursiv ALLE Unterordner
    matches = glob.glob(os.path.join(projektpfad, „**“, name + „.shp“), recursive=True)
    if matches:
        path = matches[0]
        layers[name] = gpd.read_file(path)
    else:
        layers[name] = None

# --- Kriterien berechnen
k = {}   # Dictionary für alle K-Werte

get = lambda name: layers.get(name, None)

# --- Gebietsflaeche berechnen (wenn Layer vorhanden)
if get(„Gebietsabgrenzung“) is not None:
    gebietsflaeche = get(„Gebietsabgrenzung“).geometry.area.sum()
else:
    gebietsflaeche = np.nan


# K002 - Zukunftsfaehige Mobilitaet
try:
    verkehr = get(„Verkehrsflaechen“)
    if verkehr is None or verkehr.empty or „Nutzung“ not in verkehr.columns:
        raise ValueError(„Verkehrsflaechen fehlt oder hat kein Feld ‚Nutzung‘.“)

    # Flächen nach Kategorien
    fuss_rad   = verkehr[verkehr[„Nutzung“] == „Fuss_Rad“].geometry.area.sum()
    kfz        = verkehr[verkehr[„Nutzung“] == „Kfz_Flaeche“].geometry.area.sum()
    begegnung  = verkehr[verkehr[„Nutzung“] == „Begegnungszone“].geometry.area.sum()

    # Auto-lastige Fläche = Auto + 0.5 * Begegnungszone
    auto_flaeche = kfz + 0.5 * begegnung

    # Verhältnis berechnen
    if auto_flaeche == 0 and fuss_rad > 0:
```

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang B.2: shpVerknuepfung.py-Skript

```
        # Komplett autofrei → Bestnote
        k[„K002“] = 5
    else:
        ratio = fuss_rad / auto_flaeche if auto_flaeche > 0 else 0

        if ratio > 2:
            k[„K002“] = 4
        elif ratio > 1:
            k[„K002“] = 3
        elif ratio > 0.5:
            k[„K002“] = 2
        else:
            k[„K002“] = 1

except Exception as e:
    k[„K002“] = np.nan


# K003 - Anteil der Gruenflaechen
try:
    oeff = get(„oeffentliche_Gruenflaechen“)
    priv = get(„private_Gruenflaechen“)

    fl_oeff = oeff.geometry.area.sum() if oeff is not None else 0.0
    fl_priv = priv.geometry.area.sum() if priv is not None else 0.0

    gruenflaeche = fl_oeff + fl_priv
    k[„K003“] = round(gruenflaeche / gebietsflaeche, 2) if (gebietsflaeche and gebietsflaeche > 0)
else np.nan
except Exception:
    k[„K003“] = np.nan


# K004 - Einbettung in die Umgebung
try:
    g = get(„Gebaeude“)
    b = get(„Gebaeude_Umgebung“)
    if g is not None and b is not None:
        koernigkeit = g.geometry.area.mean() / b.geometry.area.mean()
        if 0.75 <= koernigkeit <= 1.25:
            k[„K004“] = 2
        elif 0.5 <= koernigkeit < 0.75 or 1.25 < koernigkeit <= 1.5:
            k[„K004“] = 1.5
        else:
            k[„K004“] = 1
    else:
        raise ValueError
except:
    k[„K004“] = np.nan


# K005 - Lärmschutz
try:
    g = get(„Gebaeude“)
    v = get(„Verkehrsflaechen“)

    if g is not None and v is not None and „Geb_Hoehe“ in g.columns and „Nutzung“ in v.columns:
        # Kopien & Datentypen
        g = g.copy()
        v = v.copy()
        g[„Geb_Hoehe“] = pd.to_numeric(g[„Geb_Hoehe“], errors=“coerce“)

        # Nutzung normalisieren und nur Kfz-Flächen wählen
        v[„Nutzung_clean“] = v[„Nutzung“].astype(str).str.lower().str.replace(„_“, „“, regex=False)
        kfz = v[v[„Nutzung_clean“] == „kfzflaeche“]
```

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.


```
        if not kfz.empty:
            # 10-m-Puffer um Kfz-Flächen, Gebäude in Nähe markieren
            kfz_puffer_union = kfz.buffer(10).unary_union
            g[„an_kfz“] = g.intersects(kfz_puffer_union)

            # Höhenvergleich (nahe Kfz vs. übrige)
            hoehe_nahe = g.loc[g[„an_kfz“], „Geb_Hoehe“].mean()
            hoehe_fern = g.loc[~g[„an_kfz“], „Geb_Hoehe“].mean()

            if pd.notna(hoehe_nahe) and pd.notna(hoehe_fern):
                if hoehe_nahe > hoehe_fern:
                    k[„K005“] = 2
                elif hoehe_nahe == hoehe_fern:
                    k[„K005“] = 1
                else:
                    k[„K005“] = 0
            else:
                k[„K005“] = np.nan
        else:
            # Keine Kfz-Flächen identifiziert
            k[„K005“] = np.nan
    else:
        # Fehlende Daten/Spalten
        raise ValueError
except Exception:
    k[„K005“] = np.nan


# K006 - Erhalt Bestandsgebaeude
try:
    gebaeude = get(„Gebaeude“)
    gebaeude_bestand = get(„Gebaeude_Umgebung“)
    gebietsgrenze = get(„Gebietsabgrenzung“)
    if gebaeude is not None and gebaeude_bestand is not None and gebietsgrenze is not None:
        bestand_clip = gpd.clip(gebaeude_bestand, gebietsgrenze)
        g_poly = gebaeude[gebaeude.geometry.type.isin([„Polygon“, „MultiPolygon“])].copy()
         bestand_poly = bestand_clip[bestand_clip.geometry.type.isin([„Polygon“, „MultiPolygon“])].
copy()
        bestand_poly = bestand_poly.reset_index(drop=False).rename(columns={„index“: „bestand_
id“})
        bestand_poly[„geometry“] = bestand_poly.geometry.buffer(0.20)
            ueberlappung = gpd.overlay(g_poly, bestand_poly, how=“intersection“, keep_geom_ty-
pe=False)
        anzahl_neu = g_poly.shape[0]
        anzahl_ueberlappt = ueberlappung[„bestand_id“].nunique()
        k[„K006“] = round(min(anzahl_ueberlappt / anzahl_neu, 1), 2) if anzahl_neu > 0 else np.nan
    else:
        raise ValueError
except:
    k[„K006“] = np.nan


# K007 - energetische Standards: Anteil PV-Anlagen
try:
    g = get(„Gebaeude“)
    pv = get(„PV_Anlage“)
    if g is not None and pv is not None:
        flaeche_gesamt = g.geometry.area.sum()
        flaeche_pv = pv.geometry.area.sum()
        k[„K007“] = round(flaeche_pv / flaeche_gesamt, 2) if flaeche_gesamt > 0 else np.nan
    else:
        raise ValueError
except:
    k[„K007“] = np.nan
```

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.


```
# K008 - Nutzungsvielfalt Freiflaechen
try:
    oeff = get(„oeffentliche_Gruenflaechen“)
    plaetze = get(„oeffentliche_Plaetze“)

    kategorien = set()

    # Nutzungen aus öffentlichen Grünflächen
    if oeff is not None and not oeff.empty and „Nutzung“ in oeff.columns:
        cats = (
            oeff[„Nutzung“]
            .dropna()
            .astype(str).str.strip().str.lower()
        )
        kategorien.update([c for c in cats if c != „“])

    # +1, wenn öffentliche Plätze vorhanden (Layer existiert und hat mind. ein Feature)
    platz_bonus = 1 if (plaetze is not None and not plaetze.empty) else 0

    gesamt = len(kategorien) + platz_bonus
    k[„K008“] = gesamt if gesamt > 0 else np.nan

except Exception:
    k[„K008“] = np.nan


# K009 - Zugang zum Wasser
try:
    wasser  = get(„Wasser“)
    oeff    = get(„oeffentliche_Gruenflaechen“)
    plaetze = get(„oeffentliche_Plaetze“)

    if wasser is not None and not wasser.empty:
        access_layers = [gdf for gdf in (oeff, plaetze) if gdf is not None and not gdf.empty]

        if access_layers:
            geoms = pd.concat([gdf.geometry for gdf in access_layers], ignore_index=True)
            access_union = geoms.union_all() if hasattr(geoms, „union_all“) else geoms.unary_union
            access_buf = access_union.buffer(2)

            # Wasser an öffentlichen Grünflächen/Plätzen (mit 2 m Puffer) erlebbar?
            is_accessible = wasser.intersects(access_buf).any()
            k[„K009“] = 2 if is_accessible else 1
        else:
            # Wasser vorhanden, aber keine öffentlichen Zugangsflächen
            k[„K009“] = 1
    else:
        # Kein Wasser im Gebiet
        k[„K009“] = 0
except Exception:
    k[„K009“] = np.nan


# K010 - Entsiegelung
try:
    alt  = get(„Bestandsgruen“)
    oeff = get(„oeffentliche_Gruenflaechen“)
    priv = get(„private_Gruenflaechen“)

    if not (gebietsflaeche and gebietsflaeche > 0):
        k[„K010“] = np.nan
    else:
        neu_gruen = (
```

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.


```
            (oeff.geometry.area.sum() if oeff is not None else 0.0) +
            (priv.geometry.area.sum() if priv is not None else 0.0)
        )

        if alt is None:
            # Layer fehlt -> Zero-Fill (kein Bonus)
            k[„K010“] = 0.0
        elif alt.empty:
            # Layer existiert, aber leer -> Anteil der neuen Grünflächen (ohne Wasser)
            k[„K010“] = round(neu_gruen / gebietsflaeche, 2)
        else:
            # Klassische Differenz neu(ohne Wasser) - alt
            altf = alt.geometry.area.sum()
            k[„K010“] = round((neu_gruen - altf) / gebietsflaeche, 2)
    except Exception:
        k[„K010“] = np.nan


    # K011 - Rettungswege, Mindestwegbreite
    try:
        ml = get(„Verkehrsmittellinie“)
        g  = get(„Gebaeude“)
        go = get(„oeffentliche_Gruenflaechen“)
        gp = get(„private_Gruenflaechen“)
        pl = get(„oeffentliche_Plaetze“)

        if ml is None or ml.empty:
            k[„K011“] = np.nan
        else:
            def only_polys(df):
                if df is None or df.empty:
                    return None
                df = df[df.geometry.notna()].copy()
                df = df[df.geometry.type.isin([„Polygon“, „MultiPolygon“])]
                if not df.empty:
                    df[„geometry“] = df.geometry.buffer(0)  # Invalids reparieren
                return df

            parts = []
            for df in (g, go, gp, pl):
                p = only_polys(df)
                if p is not None and not p.empty:
                    parts.append(p[[„geometry“]])

            if not parts:
                k[„K011“] = 1
            else:
                blockers = gpd.GeoDataFrame(
                    pd.concat(parts, ignore_index=True),
                    geometry=“geometry“,
                    crs=get(„Verkehrsmittellinie“).crs if hasattr(ml, „crs“) else None
                )

                # 3-m-Korridor (±1.5 m) um Mittellinien
                corridors = ml.geometry.buffer(1.5).buffer(0)
                try:
                    from shapely import union_all
                    corridor_u = union_all(corridors)
                except Exception:
                    corridor_u = corridors.unary_union

                cgdf = gpd.GeoDataFrame(geometry=[corridor_u], crs=ml.crs if hasattr(ml, „crs“) else None)

                # Exakte Schnittflächen
                MIN_OVERLAP_M2 = 0.01
```

```
            mask = blockers.intersects(corridor_u)
            if mask.any():
             inter = gpd.overlay(blockers.loc[mask], cgdf, how="intersection", keep_geom_type=False)
               inter["area_m2"] = inter.geometry.area
               has_overlap = (inter["area_m2"] > MIN_OVERLAP_M2).any()
            else:
               has_overlap = False

            k["K011"] = 0 if has_overlap else 1
    except Exception:
       k["K011"] = np.nan


    # K012 - Anteil Dachbegruenung
    try:
       dach = get("Dachgruen")
       g = get("Gebaeude")
       if g is not None and dach is not None:
          flaeche_gesamt = g.geometry.area.sum()
          flaeche_dach = dach.geometry.area.sum()
          k["K012"] = round(flaeche_dach / flaeche_gesamt, 2) if flaeche_gesamt > 0 else np.nan
       else:
          raise ValueError
    except:
       k["K012"] = np.nan


    # K013 - Erhalt Baumbestand
    try:
       neu = get("Baeume_Entwurf")
       alt = get("Bestandsbaeume")
       if neu is not None and alt is not None and not neu.empty and not alt.empty:
          preserved = gpd.sjoin_nearest(neu, alt, how="left", max_distance=1, distance_col="dist")
          anzahl = preserved.dropna(subset=["dist"]).shape[0]
          k["K013"] = round(anzahl / neu.shape[0], 2)
       else:
          raise ValueError
    except:
       k["K013"] = np.nan


    # K015 - Zonierung Freiflaechen
    try:
       hat_oeff = get("oeffentliche_Gruenflaechen") is not None and not get("oeffentliche_Gruenflae-
    chen").empty
        hat_priv = get("private_Gruenflaechen") is not None and not get("private_Gruenflaechen").
    empty
       k["K015"] = 1 if hat_oeff and hat_priv else 0
    except:
       k["K015"] = np.nan

    # Endausgabe der Kriterienbewertung aller Kriterien
    df_kriterien = pd.DataFrame([k])
    df_kriterien.to_excel(os.path.join(projektpfad, "Kriterien_Ergebnisse.xlsx"), index=False)
```

Anhang B.2: shpVerknuepfung.py-Skript

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang B.3: pkl.py-Skript

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.ensemble import RandomForestClassifier
from sklearn.metrics import accuracy_score, confusion_matrix, ConfusionMatrixDisplay
import joblib

# --- Daten laden
df = pd.read_excel(„Bewertungsmatrix.xlsx“)
df[„Anzahl Sterne“] = pd.to_numeric(df[„Anzahl Sterne“], errors=“coerce“)
df[„Manuelle_Sterne“] = pd.to_numeric(df[„Manuelle_Sterne“], errors=“coerce“)

# --- Kriterienliste ohne K001 & K014

kriterien = [f“K{str(i).zfill(3)}“ for i in range(1, 16)]
kriterien = [k for k in kriterien if k not in [„K001“, „K014“]]

print(f“\n Verwende ALLE Kriterien ohne K001, K014: {kriterien}“)

# --- Fehlende Werte anzeigen
fehlende_prozent = df[kriterien].isna().mean() * 100
fehlende_df = fehlende_prozent.round(2).sort_values(ascending=False).reset_index()
fehlende_df.columns = [„Kriterium“, „Fehlende %“]

print(„\nAnteil fehlender Werte pro Kriterium (%):“)
print(fehlende_df)

# --- Zero-Fill Imputation
df_zero = df.copy()
df_zero[kriterien] = df_zero[kriterien].fillna(0)

# Train/Test Split
train_data = df[df[„Anzahl Sterne“].notna() & df[„Manuelle_Sterne“].isna()]
test_data = df[df[„Manuelle_Sterne“].notna() & df[„Anzahl Sterne“].isna()]

X_train_z = df_zero.loc[train_data.index, kriterien]
X_test_z = df_zero.loc[test_data.index, kriterien]

y_train = train_data[„Anzahl Sterne“].astype(int)
y_test = test_data[„Manuelle_Sterne“].astype(int)

print(f“\nTrainingszeilen: {len(y_train)}“)
print(f“Testzeilen: {len(y_test)}“)

# --- RF mit Auto-Tuning
best_acc = -1
best_clf = None
best_params = None

for ntrees in range(5, 25):
    for ndepth in range(2, 20):
        for seed in range(5):
            clf = RandomForestClassifier(
                n_estimators=ntrees,
                max_depth=ndepth,
                random_state=seed
            )
            clf.fit(X_train_z, y_train)
            preds = clf.predict(X_test_z)
            acc = accuracy_score(y_test, preds)
            if acc > best_acc:
                best_acc = acc
                best_clf = clf
                best_params = (ntrees, ndepth, seed)

print(f“\n Beste Accuracy ZeroFill_ohne_K001_K014: {best_acc:.2%}“)
```

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

```
print(f"Beste Parameter: n_estimators={best_params[0]}, max_depth={best_params[1]}, seed={best_params[2]}")

# --- Konfusionsmatrix + Feature Importance
best_preds = best_clf.predict(X_test_z)
cm = confusion_matrix(y_test, best_preds)
disp = ConfusionMatrixDisplay(confusion_matrix=cm, display_labels=sorted(y_test.unique()))
disp.plot(cmap="Blues", values_format='d')
plt.title(„Konfusionsmatrix – ZeroFill ohne K001 & K014")
plt.savefig(„konfusionsmatrix_ZeroFill_ohne_K001_K014.png", dpi=300)
plt.close()

importances = best_clf.feature_importances_
fi_df = pd.DataFrame({
    „Kriterium": X_train_z.columns,
    „Wichtigkeit": importances
}).sort_values(by="Wichtigkeit", ascending=False)
print(„\nFeature Importances:\n", fi_df)

fi_df.to_excel(„feature_importance_ZeroFill_ohne_K001_K014.xlsx", index=False)

# --- Bewertungsmatrix speichern
df_zero[f"Vorhersage_ZeroFill_ohne_K001_K014"] = df_zero.index.map(
    lambda idx: best_preds[X_test_z.index.get_loc(idx)] if idx in X_test_z.index else None
)
df_zero.to_excel(„Bewertungsmatrix_ZeroFill_ohne_K001_K014.xlsx", index=False)
print(„Bewertungsmatrix gespeichert als ‚Bewertungsmatrix_ZeroFill_ohne_K001_K014.xlsx'")

# Speichern nach Training
joblib.dump(best_clf, „final_RF_model.pkl")

print(„Modell gespeichert als ‚final_RF_mode.pkl'")
```

Anhang B.3: pkl.py-Skript

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang B.4: Sterne_Verteilung_Train_Test.py-Skript

```
import pandas as pd

# --- Daten laden
df = pd.read_excel(„Bewertungsmatrix_alt.xlsx“)
df[„Anzahl Sterne“] = pd.to_numeric(df[„Anzahl Sterne“], errors=“coerce“)
df[„Manuelle_Sterne“] = pd.to_numeric(df[„Manuelle_Sterne“], errors=“coerce“)

# --- Train/Test trennen
train_data = df[df[„Anzahl Sterne“].notna() & df[„Manuelle_Sterne“].isna()]
test_data = df[df[„Manuelle_Sterne“].notna() & df[„Anzahl Sterne“].isna()]

# --- Verteilungen
train_counts = train_data[„Anzahl Sterne“].value_counts().sort_index().reset_index()
train_counts.columns = [„Anzahl Sterne“, „Anzahl (Training)“]

test_counts = test_data[„Manuelle_Sterne“].value_counts().sort_index().reset_index()
test_counts.columns = [„Manuelle Sterne“, „Anzahl (Test)“]

print(„\nVerteilung der Sterne im Training:“)
print(train_counts)

print(„\nVerteilung der Sterne im Test (25er Gruppe):“)
print(test_counts)

# --- als Excel speichern
summary = pd.merge(
    train_counts,
    test_counts,
    left_on=“Anzahl Sterne“,
    right_on=“Manuelle Sterne“,
    how=“outer“
).fillna(0)

summary = summary.drop(columns=[„Manuelle Sterne“])

summary.to_excel(„Sterne_Verteilung_Train_Test.xlsx“, index=False)
print(„\n Tabelle gespeichert als ‚Sterne_Verteilung_Train_Test.xlsx‘“)
```

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang B.5: medianvszerorfill_alleK.py-Skript

```
import pandas as pd
from sklearn.ensemble import RandomForestClassifier
from sklearn.metrics import accuracy_score

# Daten laden
df = pd.read_excel(„Bewertungsmatrix_15Kriterien.xlsx“)
df[„Anzahl Sterne“] = pd.to_numeric(df[„Anzahl Sterne“], errors=“coerce“)
df[„Manuelle_Sterne“] = pd.to_numeric(df[„Manuelle_Sterne“], errors=“coerce“)

# --- Alle 15 Kriterien
alle_kriterien = [f“K{str(i).zfill(3)}“ for i in range(1, 16)]

# --- Imputation
df_median = df.copy()
df_zero = df.copy()

df_median[alle_kriterien] = df_median[alle_kriterien].fillna(df_median[alle_kriterien].median())
df_zero[alle_kriterien] = df_zero[alle_kriterien].fillna(0)

# --- Train/Test Split
train_data = df[df[„Anzahl Sterne“].notna() & df[„Manuelle_Sterne“].isna()]
test_data = df[df[„Manuelle_Sterne“].notna() & df[„Anzahl Sterne“].isna()]

X_train_m = df_median.loc[train_data.index, alle_kriterien]
X_test_m  = df_median.loc[test_data.index, alle_kriterien]

X_train_z = df_zero.loc[train_data.index, alle_kriterien]
X_test_z  = df_zero.loc[test_data.index, alle_kriterien]

y_train = train_data[„Anzahl Sterne“].astype(int)
y_test  = test_data[„Manuelle_Sterne“].astype(int)

# --- RF mit Auto-Tuning
def run_variant(X_train, X_test, y_train, y_test, variant_name, df_variant):
    best_acc = -1
    best_params = None

    for ntrees in range(5, 25):
        for ndepth in range(2, 20):
            for seed in range(10):
                clf = RandomForestClassifier(
                    n_estimators=ntrees,
                    max_depth=ndepth,
                    random_state=seed
                )
                clf.fit(X_train, y_train)
                preds = clf.predict(X_test)
                acc = accuracy_score(y_test, preds)
                if acc > best_acc:
                    best_acc = acc
                    best_params = (ntrees, ndepth, seed)

    print(f“\n Beste Accuracy {variant_name}: {best_acc:.2%}“)
          print(f“Beste  Parameter:  n_estimators={best_params[0]},  max_depth={best_params[1]},
seed={best_params[2]}“)

    # Vorhersagen speichern
    best_clf = RandomForestClassifier(
        n_estimators=best_params[0],
        max_depth=best_params[1],
        random_state=best_params[2]
    )
    best_clf.fit(X_train, y_train)
    best_preds = best_clf.predict(X_test)
```

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

```
    df_variant[f"Vorhersage_{variant_name}"] = df_variant.index.map(
        lambda idx: best_preds[X_test.index.get_loc(idx)] if idx in X_test.index else None
    )
    df_variant.to_excel(f"Bewertungsmatrix1_{variant_name}.xlsx", index=False)
    print(f"Bewertungsmatrix gespeichert als ‚Bewertungsmatrix_{variant_name}.xlsx'")

    return best_acc

# --- Varianten ausführen
acc_median = run_variant(X_train_m, X_test_m, y_train, y_test, „Median", df_median.copy())
acc_zero   = run_variant(X_train_z, X_test_z, y_train, y_test, „Zero", df_zero.copy())

# --- Vergleich
vergleich_df = pd.DataFrame({
    „Methode": [„Median", „Zero-Fill"],
    „Accuracy (%)": [acc_median * 100, acc_zero * 100]
}).sort_values(by="Accuracy (%)", ascending=False).reset_index(drop=True)

print(„\n--- Vergleich als Tabelle ---")
print(vergleich_df)
```

Anhang B.5: medianvszerorfill_alleK.py-Skript

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang B.6: medianvszerorfill_ohneK014.py-Skript

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.ensemble import RandomForestClassifier
from sklearn.metrics import accuracy_score, confusion_matrix, ConfusionMatrixDisplay

# --- Daten laden
df = pd.read_excel(„Bewertungsmatrix_15Kriterien.xlsx“)
df[„Anzahl Sterne“] = pd.to_numeric(df[„Anzahl Sterne“], errors=“coerce“)
df[„Manuelle_Sterne“] = pd.to_numeric(df[„Manuelle_Sterne“], errors=“coerce“)

# --- Kriterienliste ohne K014
kriterien = [f“K{str(i).zfill(3)}“ for i in range(1, 16)]
kriterien = [k for k in kriterien if k not in [„K014“]]

print(f“\n Verwende alle Kriterien ohne K014: {kriterien}“)

# --- Fehlende Werte anzeigen
fehlende_prozent = df[kriterien].isna().mean() * 100
fehlende_df = fehlende_prozent.round(2).sort_values(ascending=False).reset_index()
fehlende_df.columns = [„Kriterium“, „Fehlende %“]

print(„\nAnteil fehlender Werte pro Kriterium (%):“)
print(fehlende_df)

# --- Zero-Fill Imputation
df_zero = df.copy()
df_zero[kriterien] = df_zero[kriterien].fillna(0)

# --- Train/Test Split
train_data = df[df[„Anzahl Sterne“].notna() & df[„Manuelle_Sterne“].isna()]
test_data = df[df[„Manuelle_Sterne“].notna() & df[„Anzahl Sterne“].isna()]

X_train_z = df_zero.loc[train_data.index, kriterien]
X_test_z = df_zero.loc[test_data.index, kriterien]

y_train = train_data[„Anzahl Sterne“].astype(int)
y_test = test_data[„Manuelle_Sterne“].astype(int)

print(f“\nTrainingszeilen: {len(y_train)}“)
print(f“Testzeilen: {len(y_test)}“)

# --- RF mit Auto-Tuning-Schleife
def run_variant(X_train, X_test, y_train, y_test, variant_name, df_variant):
    best_acc = -1
    best_clf = None
    best_params = None

    for ntrees in range(5, 25):
        for ndepth in range(2, 15):
            for seed in range(5):
                clf = RandomForestClassifier(
                    n_estimators=ntrees,
                    max_depth=ndepth,
                    random_state=seed
                )
                clf.fit(X_train, y_train)
                preds = clf.predict(X_test)
                acc = accuracy_score(y_test, preds)
                if acc > best_acc:
                    best_acc = acc
                    best_clf = clf
                    best_params = (ntrees, ndepth, seed)

    print(f“\nBeste Accuracy {variant_name}: {best_acc:.2%}“)
        print(f“Beste Parameter: n_estimators={best_params[0]}, max_depth={best_params[1]},
```

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang B.6: medianvszerorfill_ohneK014.py-Skript

```
seed={best_params[2]}“)

    # Konfusionsmatrix
    best_preds = best_clf.predict(X_test)
    cm = confusion_matrix(y_test, best_preds)
    disp = ConfusionMatrixDisplay(confusion_matrix=cm, display_labels=sorted(y_test.unique()))
    disp.plot(cmap=“Blues“, values_format=‘d‘)
    plt.title(f“Konfusionsmatrix – {variant_name}“)
    plt.savefig(f“konfusionsmatrix_{variant_name}.png“, dpi=300)
    plt.close()

    # Feature Importances
    importances = best_clf.feature_importances_
    fi_df = pd.DataFrame({
        „Kriterium“: X_train.columns,
        „Wichtigkeit“: importances
    }).sort_values(by=“Wichtigkeit“, ascending=False)
    fi_df.to_excel(f“feature_importance_{variant_name}.xlsx“, index=False)
    print(f“\nFeature Importances {variant_name}:\n“)
    print(fi_df)

    # Bewertungsmatrix speichern
    df_variant[f“Vorhersage_{variant_name}“] = df_variant.index.map(
        lambda idx: best_preds[X_test.index.get_loc(idx)] if idx in X_test.index else None
    )
    df_variant.to_excel(f“Bewertungsmatrix_{variant_name}.xlsx“, index=False)
    print(f“Bewertungsmatrix gespeichert als ‚Bewertungsmatrix_{variant_name}.xlsx‘“)

    return best_acc

# --- Zero-Fill Variante ausführen
acc_zero = run_variant(X_train_z, X_test_z, y_train, y_test, „ZeroFill_ohne_K014“, df_zero.copy())

# --- Vergleich
vergleich_df = pd.DataFrame({
    „Methode“: [„Zero-Fill (ohne K014)“],
    „Accuracy (%)“: [acc_zero * 100]
})

print(„\n--- Vergleich als Tabelle ---“)
print(vergleich_df)
```

ERGEBNIS vom Anhang B.6:
Feature-Importance mit Zero-Fill ohne K014

	Kriterium	Wichtigkeit	K-Name
12	K013	0.135625	Erhalt Baumbestand
5	K006	0.118411	Erhalt Bestandgebäude
9	K010	0.112231	Entsiegelung
7	K008	0.105155	Nutzungsvielfalt Freiflächen
8	K009	0.077932	Zugang Wasser
11	K012	0.076493	Dachbegrünung
3	K004	0.069620	Einbettung in Umgebung
0	K001	0.067481	-
2	K003	0.059639	Anteil Freiflächen
1	K002	0.059154	Zukunftsfähige Mobilität
4	K005	0.042498	Lärmschutz
6	K007	0.040698	PV-Anteil
13	K015	0.019745	Zonierung Freiflächen
10	K011	0.015318	Rettungswege

ERGEBNIS vom Anhang B.6:
Anteil der fehlenden Werte pro Kriterium (%) ohne K014.

Kriterium	NaN-Werte Anteil (%)
K001	40.0
K013	14.0
K010	11.0
K006	7.0
K007	6.0
K008	4.0
K009	1.0
K002	1.0
K005	1.0
K004	0.0
K003	0.0
K011	0.0
K012	0.0
K015	0.0

Anhang B.7: medianvszerorfill_ohneK011_K014.py-Skript

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.ensemble import RandomForestClassifier
from sklearn.metrics import accuracy_score, confusion_matrix, ConfusionMatrixDisplay

# --- Daten laden
df = pd.read_excel(„Bewertungsmatrix_15Kriterien.xlsx“)
df[„Anzahl Sterne“] = pd.to_numeric(df[„Anzahl Sterne“], errors=“coerce“)
df[„Manuelle_Sterne“] = pd.to_numeric(df[„Manuelle_Sterne“], errors=“coerce“)

# --- Kriterienliste ohne K011, K014
kriterien = [f“K{str(i).zfill(3)}“ for i in range(1, 16)]
kriterien = [k for k in kriterien if k not in [„K011“, „K014“]]

print(f“\n Verwende ALLE Kriterien ohne K011, K014: {kriterien}“)

# --- Fehlende Werte anzeigen
fehlende_prozent = df[kriterien].isna().mean() * 100
fehlende_df = fehlende_prozent.round(2).sort_values(ascending=False).reset_index()
fehlende_df.columns = [„Kriterium“, „Fehlende %“]

print(„\nAnteil fehlender Werte pro Kriterium (%):“)
print(fehlende_df)

# --- Zero-Fill Imputation
df_zero = df.copy()
df_zero[kriterien] = df_zero[kriterien].fillna(0)

# --- Train/Test Split
train_data = df[df[„Anzahl Sterne“].notna() & df[„Manuelle_Sterne“].isna()]
test_data = df[df[„Manuelle_Sterne“].notna() & df[„Anzahl Sterne“].isna()]

X_train_z = df_zero.loc[train_data.index, kriterien]
X_test_z = df_zero.loc[test_data.index, kriterien]

y_train = train_data[„Anzahl Sterne“].astype(int)
y_test = test_data[„Manuelle_Sterne“].astype(int)

print(f“\nTrainingszeilen: {len(y_train)}“)
print(f“Testzeilen: {len(y_test)}“)

# --- RF mit Auto-Tuning-Schleife
def run_variant(X_train, X_test, y_train, y_test, variant_name, df_variant):
    best_acc = -1
    best_clf = None
    best_params = None

    for ntrees in range(5, 25):
        for ndepth in range(2, 15):
            for seed in range(5):
                clf = RandomForestClassifier(
                    n_estimators=ntrees,
                    max_depth=ndepth,
                    random_state=seed
                )
                clf.fit(X_train, y_train)
                preds = clf.predict(X_test)
                acc = accuracy_score(y_test, preds)
                if acc > best_acc:
                    best_acc = acc
                    best_clf = clf
                    best_params = (ntrees, ndepth, seed)

    print(f“\n Beste Accuracy {variant_name}: {best_acc:.2%}“)
        print(f“Beste  Parameter:  n_estimators={best_params[0]},  max_depth={best_params[1]},
```

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang B.7: medianvszerorfill_ohneK011_K014.py-Skript

```
seed={best_params[2]}“)

    # Konfusionsmatrix
    best_preds = best_clf.predict(X_test)
    cm = confusion_matrix(y_test, best_preds)
    disp = ConfusionMatrixDisplay(confusion_matrix=cm, display_labels=sorted(y_test.unique()))
    disp.plot(cmap=“Blues“, values_format=‘d‘)
    plt.title(f“Konfusionsmatrix – {variant_name}“)
    plt.savefig(f“konfusionsmatrix_{variant_name}.png“, dpi=300)
    plt.close()

    # Feature Importances
    importances = best_clf.feature_importances_
    fi_df = pd.DataFrame({
        „Kriterium“: X_train.columns,
        „Wichtigkeit“: importances
    }).sort_values(by=“Wichtigkeit“, ascending=False)
    fi_df.to_excel(f“feature_importance_{variant_name}.xlsx“, index=False)
    print(f“\nFeature Importances {variant_name}:\n“)
    print(fi_df)

    # Bewertungsmatrix speichern
    df_variant[f“Vorhersage_{variant_name}“] = df_variant.index.map(
        lambda idx: best_preds[X_test.index.get_loc(idx)] if idx in X_test.index else None
    )
    df_variant.to_excel(f“Bewertungsmatrix_{variant_name}.xlsx“, index=False)
    print(f“Bewertungsmatrix gespeichert als ‚Bewertungsmatrix_{variant_name}.xlsx‘“)

    return best_acc

# --- Zero-Fill Variante ausführen
acc_zero = run_variant(X_train_z, X_test_z, y_train, y_test, „ZeroFill_ohne_K011_K014“, df_zero.
copy())

# --- Vergleich
vergleich_df = pd.DataFrame({
    „Methode“: [„Zero-Fill (ohne K011, K014)“],
    „Accuracy (%)“: [acc_zero * 100]
})

print(„\n--- Vergleich als Tabelle ---“)
print(vergleich_df)
```

ERGEBNIS vom Anhang B.7:

Feature Importances Zero-Fill (ohne K011 & K014):

	Kriterium	Wichtigkeit
9	K010	0.104225
1	K002	0.104224
7	K008	0.103959
0	K001	0.090421
11	K013	0.090419
2	K003	0.078935
6	K007	0.070809
3	K004	0.069799
12	K015	0.066456
10	K012	0.064594
5	K006	0.058049
4	K005	0.054232
8	K009	0.043878

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Zur Unterstützung bei der Erstellung dieser Arbeit wurden KI-basierte Werkzeuge (ChatGPT OpenAI & Deepl) für eine textuelle Kontrolle und zur sprachlichen Korrektur verwendet.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.