

Masterarbeit zum Thema:

BIM in der Landschaftsarchitektur

Machbarkeitsstudie zur modellbasierten Integration eines BIM-gestützten
Überflutungsnachweises im landschaftsarchitektonischen Entwurfsprozess

Zur Erlangung des Grades: Master of Science

Vorgelegt von:

Name: Nic Züchner

E-Mail: nic.zuechner@mailbox.tu-dresden.de

Matrikelnummer: 4761229

Fachsemester: 11

Abgabedatum: 19.02.2025

Erstbetreuung: Prof. Dipl.-Ing. Irene Lohaus

Zweitbetreuung: M. Sc. Hannah Church

Zweitgutachter: M. Eng. Sven-Marvin Sommer

Abstract

This master's thesis examines the feasibility and methodological implementation of a BIM-supported flood verification within the landscape architectural design process. The focus is on the integration of georeferenced climate data from the German Weather Service (*DWD*) into the digital sub-discipline model for outdoor facilities. The study analyzes how this data can be effectively incorporated into the BIM method and used for the precise calculation of retention volumes during extreme rainfall events.

By utilizing the *KOSTRA-DWD* data, detailed and site-specific information is provided, enabling informed planning of drainage measures. The methodological approach involves the collection, modeling, and linkage of essential model components, including catchment areas, retention volumes, and specific drainage structures such as channels, swales, and infiltration trenches. For the execution of the flood verification, databases and calculation tables were developed within the *Vectorworks* authoring software, based on the guidelines of the *DIN 1986-100* and *DWA-A 138-1* standards.

The results demonstrate that the model-based flood verification enables precise and automated evaluation of retention capacities, thus supporting efficient decision-making even in early design phases. At the same time, the research highlights current limitations in available software and the lack of standardization within the IFC format as key challenges. This thesis provides practical recommendations for optimizing digital planning processes and offers perspectives for the advancement of the BIM methodology in landscape architecture to foster sustainable and climate-resilient open space planning.



Download of the generated datasets for review and further editing.

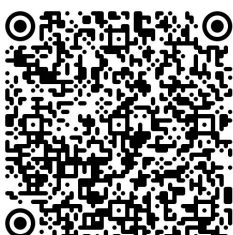
https://902276c8-4b96-4471-886d-e0c84423c1a0.filesusr.com/archives/f37d35_ae35e08d475d4c8985907ace2772c01a.zip?dn=Datenset.zip

Zusammenfassung

In der vorliegenden Masterarbeit wird die Machbarkeit und methodische Umsetzung eines BIM-gestützten Überflutungsnachweises im landschaftsarchitektonischen Entwurfsprozess untersucht. Im Zentrum steht die Integration georeferenzierter Klimadaten des Deutschen Wetterdienstes in das digitale Teil-Fachmodell Freianlagen. Dabei wird analysiert, wie diese Daten im Rahmen der BIM-Methodik gezielt eingebunden und zur präzisen Berechnung von Rückhaltevolumina bei Starkregenereignissen verwendet werden können.

Durch die Verwendung der *KOSTRA-DWD-Daten* werden detaillierte und standortbezogene Informationen bereitgestellt, die eine fundierte Planung von Entwässerungsmaßnahmen ermöglichen. Die methodische Vorgehensweise umfasst die Erhebung, Modellierung und Verknüpfung der erforderlichen Modellelemente, darunter Einzugsräume, Rückhaltevolumen sowie spezifische Entwässerungsanlagen wie Rinnen, Mulden und Rigolen. Zur Durchführung des Überflutungsnachweises wurden Datenbanken und Berechnungstabellen in der Autorensoftware Vectorworks entwickelt, die auf den Vorgaben der Normen *DIN 1986-100* und *DWA-A 138-1* basieren.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass der modellbasierte Überflutungsnachweis eine präzise und automatisierte Bewertung der Rückhaltekapazitäten ermöglicht und somit eine effiziente Entscheidungsfindung bereits in frühen Planungsphasen unterstützt. Gleichzeitig zeigen die Untersuchungen, dass derzeitige Limitationen der verfügbaren Software sowie fehlende Standardisierungen im IFC-Format Herausforderungen darstellen. Die Arbeit liefert praxisnahe Empfehlungen zur Optimierung digitaler Planungsprozesse und eröffnet Perspektiven für die Weiterentwicklung der BIM-Methodik für die Landschaftsarchitektur, um nachhaltige und klimaresiliente Freiraumplanungen zu fördern.



Download der erzeugten Datensets zur Einsicht und weitere Bearbeitung.

https://902276c8-4b96-4471-886d-e0c84423c1a0.filesusr.com/archives/f37d35_ae35e08d475d4c8985907ace2772c01a.zip?dn=Datenset.zip

Inhaltsverzeichnis

Abstract	II
Zusammenfassung	III
Inhaltsverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis.....	VII
Abbildungsverzeichnis.....	VIII
Tabellenverzeichnis	X
Glossar	XI

TEIL I: THEORETISCHE GRUNDLAGEN UND RECHERCHE

1 Einleitung.....	13
1.1 Motivation und Problemstellung.....	13
1.2 Zielstellung und Forschungsfragen	20
1.3 Aufbau der Masterarbeit	22
2 Grundlagen und Stand der Forschung	24
2.1 BIM in der Landschaftsarchitektur.....	24
2.1.1 <i>Definition und Potenziale von BIM</i>	<i>25</i>
2.1.2 <i>Aktueller Forschungsstand und Herausforderungen von BIM</i>	<i>26</i>
2.1.3 <i>Datenstandards und Informationsanforderungen in BIM.....</i>	<i>29</i>
2.1.4 <i>Fachmodell Landschaft und Freianlagen.....</i>	<i>33</i>
2.2 Der Überflutungsnachweis.....	39
2.2.1 <i>Relevante Niederschlagsdaten (KOSTRA-DWD)</i>	<i>39</i>
2.2.2 <i>Überflutungsnachweis nach DIN 1986-100</i>	<i>42</i>
2.2.3 <i>Bemessung von Anlagen nach DWA-A 117 und DWA-A 138-1.....</i>	<i>44</i>
2.2.4 <i>Überflutungsnachweis in der Praxis.....</i>	<i>47</i>

TEIL II: VORGEHENSWEISE UND METHODIK

3	Das Teil-Fachmodell Freianlagen	49
3.1	Vorbereitung	49
3.1.1	<i>Referenzprojekt und verwendete Autorensoftware.....</i>	<i>49</i>
3.1.2	<i>Mindestanforderungen an LOG</i>	<i>53</i>
3.1.3	<i>Mindestanforderungen an LOI.....</i>	<i>55</i>
3.1.4	<i>Erforderliche Datenbanken und Psets</i>	<i>57</i>
3.1.5	<i>Mindestanforderungen der Autorensoftware.....</i>	<i>57</i>
3.2	Erstellung des Teil-Fachmodells Freianlagen	59
3.2.1	<i>Anlegen und Verwalten der benötigten Datenbanken.....</i>	<i>60</i>
3.2.2	<i>Modellierung und Verknüpfung der Einzugsräume</i>	<i>61</i>
3.2.3	<i>Modellierung und Verknüpfung der Rinnen.....</i>	<i>67</i>
3.2.4	<i>Modellierung und Verknüpfung der Rigole</i>	<i>69</i>
3.2.5	<i>Modellierung und Verknüpfung der Mulde</i>	<i>70</i>
3.2.6	<i>Modellierung und Verknüpfung des Rückhaltevolums.....</i>	<i>71</i>
3.3	Integration der Niederschlagsdaten	73
3.3.1	<i>KOSTRA-DWD-Datenformate.....</i>	<i>73</i>
3.3.2	<i>Aufbereiten der ausgewählten Niederschlagsdaten</i>	<i>75</i>
3.3.3	<i>Integration der aufbereiteten Niederschlagsdaten.....</i>	<i>79</i>
4	Der modellbasierte Überflutungsnachweis	82
4.1	Methodische Vorgehensweise.....	82
4.1.1	<i>Aufbau und Funktionsweise der Berechnungstabellen für Rinnen.....</i>	<i>83</i>
4.1.2	<i>Aufbau und Funktionsweise der Berechnungstabellen für Rigolen</i>	<i>86</i>
4.1.3	<i>Aufbau und Funktionsweise der Berechnungstabellen für Mulden.....</i>	<i>88</i>
4.2	Validierung der Methodik am Beispiel des Referenzprojekts	89
4.3	Export des Fachmodells in das IFC-Format	91
4.3.1	<i>Zuweisen der IFC-Klassen (Entities)</i>	<i>91</i>
4.3.2	<i>Zuweisen der CPsets.....</i>	<i>93</i>
4.3.3	<i>Exportkontrolle mit BIM-Prüfsoftware</i>	<i>94</i>

TEIL III: DISKUSSION UND FAZIT

5	Analyse und Reflexion der Methodik	95
5.1	Auswirkungen auf den Planungsprozess	97
5.2	Anforderungen an Autorensoftware und digitale Planungstools	100
5.3	Datenbank- und Prozessoptimierung	102
6	Fazit und Ausblick.....	103
6.1	Beantwortung der Forschungsfragen	104
6.2	Zusammenfassung der zentralen Erkenntnisse	107
6.3	Perspektiven für zukünftige Entwicklungen	109
7	Quellenverzeichnis	111
7.1	Literaturverzeichnis	111
7.2	Grundlagen und Programme	117
8	Tabellen	118
	Anhangsverzeichnis	159

Abkürzungsverzeichnis

Alle Abkürzungen der Eigenschaften sind in der Attributmatrix (siehe Tabelle 1) zu finden.

AIA	Auftraggeber-Informationsanforderungen
bdla	Bund Deutscher Landschaftsarchitekten
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
bSD	buildingSMART Deutschland
bSI	buildingSMART International
BAP	BIM-Abwicklungsplan
BIM	Building Information Modeling
CAD	Computer-Aided Design
CDC	Climate Data Center
CPset	Custom Property Set
DGM	Digitales Geländemodell
DIN	Deutsches Institut für Normung
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
DWD	Deutscher Wetterdienst
ETRS89	European Terrestrial Reference System 1989
GIS	Geoinformationssystem
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
IFC	Industry Foundation Classes
ifs	Ingenieurgesellschaft für Stadthydrologie mbH
KOSTRA-DWD	Koordinierte Starkniederschlagsregionalisierung und -auswertung des DWD
LOD	Level of Development
LOG	Level of Geometry
LOI	Level of Information
PSet	Property Set

Abbildungsverzeichnis

ABB. 1: DIGITALISIERUNG DER DEUTSCHEN WIRTSCHAFT NACH BRANCHEN IM JAHR 2023. (BMWK 2023).....	15
ABB. 2: GEGENÜBERSTELLUNG TRADITIONELLER, FRAGMENTIERTER (LINKS) UND INTEGRALER, ZENTRALER (RECHTS) KOMMUNIKATIONS- UND PLANUNGSABLÄUFE. (HEMMERLING/BÄHRE 2020: 130).....	16
ABB. 3: VORVERLAGERUNG DER PLANUNGSTIEFE UND EINFLUSSMÖGLICHKEITEN AUF DIE KOSTENENTWICKLUNG. (HEMMERLING/BÄHRE 2020: 49).....	19
ABB. 4: METHODISCHES VORGEHEN ZUR BIM-GESTÜTZTEN INTEGRATION DES MODELLBASIERTEN ÜBERFLUTUNGSNACHWEISES. (EIGENE DARSTELLUNG)	23
ABB. 5: HIERARCHIE VON IFC-OBJEKTEN ALS EXPRESS-G-DARSTELLUNG. (FIEBERG 2022: 36).....	31
ABB. 6: KLASSE RAUM FÜR FUNKTIONSRÄUME IM TEIL-FACHMODELL FREIANLAGE (IN ANLEHNUNG AN BRÜCKNER/PIETSCH 2024: 18).....	35
ABB. 7: ARGE HAVELLANDAUTOBAHN A10/A24. ERWEITERUNG DER BESTEHENDEN FACHMODELLE DURCH DAS FACHMODELL LANDSCHAFT FREIANLAGE. (IN ANLEHNUNG AN BRÜCKNER 2020)	36
ABB. 8: LAGEPLAN DES REFERENZPROJEKTS ZUR FREIANLAGENPLANUNG IN DER STREHLENER STRASSE 20, DRESDEN. (STORCH.LANDSCHAFTSARCHITEKTUR 2024)	50
ABB. 9: LAGEPLAN MIT ZONIERUNG DER BEFESTIGTEN FLÄCHEN NACH DIN 1986-1, TABELLE 9. (STORCH.LANDSCHAFTSARCHITEKTUR 2024).....	51
ABB. 10: LAGEPLAN MIT ENTWÄSSERUNGSPLANUNG. (STORCH.LANDSCHAFTSARCHITEKTUR 2024).....	52
ABB. 11: SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DES GEBÄUDES UND DES TEIL-FACHMODELLS "FREIANLAGEN" IN VECTORWORKS. (EIGENE DARSTELLUNG, VECTORWORKS 2024)	59
ABB. 12: EINSTELLUNGEN DES RAUM-OBJEKTS. (EIGENE DARSTELLUNG, VECTORWORKS 2024).....	62
ABB. 13: BENUTZEROBERFLÄCHE DES DATENMANAGERS IN VECTORWORKS. (EIGENE DARSTELLUNG, VECTORWORKS 2024)	63
ABB. 14: FLÄCHENERMITTLUNG IN VECTORWORKS ÜBER DIE „EINFACHE FORMEL“ ZUR BESTIMMUNG DER BRUTTOFLÄCHE EINES RAUM-OBJEKTS (OBEN). DER HIERAUS GENERIERTE AUSDRUCK KANN IM BEREICH „ERWEITERTE FORMEL“ ANGEPASST WERDEN (UNTEN). (EIGENE DARSTELLUNG, VECTORWORKS 2024).....	64
ABB. 15: INFOPALETTE DES EINZUGSRAUMS A1 IN VECTORWORKS MIT DEN ZUGEWIESENEN WERTEN AUS DEM CPSet_UEBERFLUTUNGSNACHWEIS_ABFLUSSWIRKSAMEFLAECHEN. (EIGENE DARSTELLUNG, VECTORWORKS 2024)	64
ABB. 16: VISUALISIERUNG DER EINZUGSRAUMINFORMATIONEN IN DER 2D-ANSICHT MITTELS RAUMSTEMPEL IN VECTORWORKS. (EIGENE DARSTELLUNG, VECTORWORKS 2024).....	65

ABB. 17: RAUMSTEMPEL-LAYOUT IN VECTORWORKS, DAS DIE VISUALISIERUNG DER EINZUGSRAUMINFORMATIONEN IN DER 2D-ANSICHT ERMÖGLICHT. (EIGENE DARSTELLUNG, VECTORWORKS 2024)	66
ABB. 18: DARSTELLUNG DES RINNENSYSTEMS RECYFIX MONOTEC MIT VIER UNTERSCHIEDLICH DIMENSIONIERTEN RINNENTYPEN. (HAURATON GMBH & CO. KG O. D.)	67
ABB. 19: ERZEUGTES SYMBOL DER RINNE VOM TYP 280 IN VECTORWORKS (LINKS) UND DIE ZUGEHÖRIGE DATENBANKVERKNÜPFUNG IN DER INFOPALETTE (RECHTS) NACH DEM IMPORT DER REVIT-DATEI. (EIGENE DARSTELLUNG, VECTORWORKS 2024).....	68
ABB. 20: DARSTELLUNG DES RÜCKHALTEVOLUMENS DER ENTWÄSSERUNGSANLAGE A IM FACHMODELL, ERGÄNZT DURCH DAS GEPLANTE HOCHBORD AUF DER LINKEN SEITE. (EIGENE DARSTELLUNG, VECTORWORKS 2024)	71
ABB. 21: UNTERSUCHUNGSGEBIET VON KOSTRA-DWD-2020. GRÜNE FELDER ZEIGEN AN, DASS DIESE MIT WERTEN BELEGT SIND. BRAUNE FELDER SIND MIT FEHLWERTEN BELEGT. (THOMAS JUNGHÄNEL, ET AL. 2023: 7)	74
ABB. 22: IMPORTIERTE KOSTRA-DWD-DAUERSTUFEN ALS SEPARATE LAYER IN QGIS. (EIGENE DARSTELLUNG, QGIS 3.4)	75
ABB. 23: ENTFERNEN VON POLYGONEN MIT FEHLWERTEN IN QGIS DURCH SELEKTION UND LÖSCHUNG IN DER ATTRIBUTTABELLE. (EIGENE DARSTELLUNG, QGIS 3.4).....	76
ABB. 24: EINSTELLUNGEN IM QGIS-TOOL „ATTRIBUTE NACH POSITION VERKNÜPFEN“ ZUR ZUSAMMENFÜHRUNG VON LAYERN MITTELS RÄUMLICHER VERKNÜPFUNG. (EIGENE DARSTELLUNG, QGIS 3.4)	78
ABB. 25: VISUALISIERUNG DER NIEDERSCHLAGSDATEN IN VECTORWORKS NACH IMPORT DER SHAPE-DATEI. (EIGENE DARSTELLUNG, VECTORWORKS 2024)	79
ABB. 26: NACH DEM IMPORT WURDEN ALLE POLYGONE AUßERHALB DES PLANGEBIETS GELÖSCHT; DAS PROJEKTGEBIET SCHNEIDET BEISPIELHAFT EXAKT VIER POLYGONE. (EIGENE DARSTELLUNG, VECTORWORKS 2024)	80
ABB. 27: AUSSCHNITT AUS BERECHNUNGSTABELLE IN VECTORWORKS: DER INTEGRIERTE „ZÄHLER“ ERMÖGLICHT DIE BERECHNUNG DES DURCHSCHNITTS DER NIEDERSCHLAGSMENGEN AUS DEN BETROFFENEN POLYGONEN. (EIGENE DARSTELLUNG, VECTORWORKS 2024).....	81
ABB. 28: AUSSCHNITT AUS DER BERECHNUNGSTABELLE IN VECTORWORKS, IN DEM ÜBER EINEN OBJEKTFILTER ALLE RÄUME MIT DEM WERT D IM DATENBANKFELD EWA DER DATENBANK „DB_UEBERFLUTUNGSNACHWEIS_ABFLUSSWIRKSAMEFLAECHEN“ GEFILTERT WERDEN. (EIGENE DARSTELLUNG, VECTORWORKS 2024).....	84

Tabellenverzeichnis

ABB. 29: ERSTELLUNG UND BEARBEITUNG EIGENER CPSETS IM DATENMANAGER FÜR DEN IFC-EXPORT. (EIGENE DARSTELLUNG, VECTORWORKS 2024).....	93
ABB. 30: DARSTELLUNG DER EINZUGSRÄUME NACH EINZUGSGEBIETEN MIT DER FLÄCHENVERTEILUNG FÜR DIE JEWELIGEN ENTWÄSSERUNGSSYSTEME (RIGOLE, MULDE, RINNEN). (EIGENE DARSTELLUNG).....	95
ABB. 31: VORGEGEBENE EINTEILUNG DER FLÄCHEN AUS DEM REFERENZPROJEKT AUF DER LINKEN SEITE, UNVERÄNDERT. (STORCH.LANDSCHAFTSARCHITEKTUR 2024); EINZUGSRÄUME NACH FLÄCHENARTEN MIT FLÄCHENAUFTEILUNG UND ABFLUSSBEIWERTEN GEMÄß DIN 1986-100 (TABELLE 9) AUF DER RECHTEN SEITE. (EIGENE DARSTELLUNG)	96

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: ATTRIBUTMATRIX MIT DEN MINDESTANFORDERUNGEN AN EIGENSCHAFTEN DER MODELLELEMENTE...	118
TABELLE 2: ANFORDERUNGSPROFILE DER OBJEKTE/TOOLS IN VECTORWORKS.....	126
TABELLE 3: DATENBANK „DB_ÜBERFLUTUNGSNACHWEIS_ABFLUSSWIRKSAMEFLÄCHEN“ MIT FORMELN ZUR ZUORDNUNG DER ATTRIBUTE IN DEN DATENBANKFELDERN	130
TABELLE 4: DATENBANK „DB_UEBERFLUTUNGSNACHWEIS_RINNE“ MIT FORMELN ZUR ZUORDNUNG DER ATTRIBUTE IN DEN DATENBANKFELDERN.....	137
TABELLE 5: DATENBANK „DB_UEBERFLUTUNGSNACHWEIS_RIGOLE“ MIT FORMELN ZUR ZUORDNUNG DER ATTRIBUTE IN DEN DATENBANKFELDERN.....	141
TABELLE 6: DATENBANK „DB_UEBERFLUTUNGSNACHWEIS_MULDE“ MIT FORMELN ZUR ZUORDNUNG DER ATTRIBUTE IN DEN DATENBANKFELDERN.....	146
TABELLE 7: DATENBANK „DB_UEBERFLUTUNGSNACHWEIS_RUECKHALTEVOLUMEN“ MIT FORMELN ZUR ZUORDNUNG DER ATTRIBUTE IN DEN DATENBANKFELDERN.....	150
TABELLE 8: DATENBANK "DB_KOSTRA-DWD-2020_RN"	158

Glossar

Abflusswirksame Fläche: Anteil einer Fläche, der bei Niederschlägen tatsächlich zum oberflächlichen Abfluss von Wasser beiträgt.

AIA: Dokument, in dem der Auftraggeber die Anforderungen an die zu liefernden Daten und Modelle im Rahmen eines BIM-Projekts definiert.

Alphanumerische Daten: Daten, die sowohl Buchstaben als auch Zahlen enthalten und zur Beschreibung und Kategorisierung von Objekten verwendet werden (z. B. Abflussbeiwerte, Flächenangaben).

Arbeitsprozess: Strukturierte Abfolge von Arbeitsschritten zur Erstellung des modellbasierten Überflutungsnachweises.

Attributmatrix: Tabelle, die die erforderlichen Eigenschaften und Maßtypen der Modellelemente in einem BIM-Projekt definiert und deren Anforderungen für die Durchführung bestimmter Prozesse festlegt.

Autorensoftware: BIM-Software zur Erstellung und Bearbeitung parametrisierter Modellelemente und digitaler Fachmodelle, welche die Erfassung und Verwaltung aller relevanter Informationen erlaubt.

BAP: Dokument, in dem der Auftragnehmer nach Vertragsschluss die Vorgehensweise für die Erfüllung der Anforderungen des AIA definiert.

BIM-Methodik: Digitale Methode zur Planung und Modellierung von Bauprojekten unter Einbeziehung relevanter Daten (Building Information Modeling).

DATAflor: CAD- und BIM-Autorensoftware zur Verwaltung und Planung in der Landschaftsarchitektur.

Dauerstufen: Zeitliche Einheiten zur Erfassung und Berechnung von Niederschlagsmengen.

Einzugsgebiet: Geographisches Gebiet, aus dem abfließendes Wasser in eine bestimmte Entwässerungsanlage gelangt.

Einzugsraum: Teilbereich eines Einzugsgebietes mit spezifischen hydrologischen Eigenschaften.

Entwässerungsanlagen: Systeme zur Aufnahme, Speicherung oder Versickerung von Niederschlagswasser. Dazu zählen Mulden, Rigolen, Rückhaltevolumen und – sofern sie nicht ausschließlich der Ableitung von Niederschlagswasser dienen – Rinnen. Diese Anlagen bilden in ihrem jeweiligen Einzugsgebiet den tiefsten Punkt und nehmen dort das anfallende Regenwasser zentral auf.

Fachmodell Freianlagen: Teilmodell des Fachmodells Landschaft und Freianlagen, das speziell die Planung und Gestaltung von Freianlagen wie befestigte Flächen, Bepflanzungen und Entwässerungsanlagen umfasst.

Geometrische Daten: Daten, die sich auf die räumliche Anordnung, Größe, Form und Lage von Objekten beziehen (z. B. Flächenmaße, Volumen, Abmessungen).

Jährlichkeiten: Wiederkehrende statistische Werte für Niederschläge, die zur Risikoabschätzung dienen.

KOSTRA-DWD: Koordinierte Starkniederschlagsregionalisierung und -auswertung des Deutschen Wetterdienstes.

LOD: Detaillierungsgrad eines BIM-Elements hinsichtlich seiner Geometrie und Informationen.

LOG: Geometrische Detailtiefe eines BIM-Elements.

LOI: Informationstiefe eines BIM-Elements.

Property Set: Eigenschaftenset eines BIM- Elements, die zur Datenverarbeitung verwendet werden.

SCOPUS: Wissenschaftliche Literatur- und Zitationsdatenbank zur Recherche aktueller Publikationen.

Semantische Daten: Daten, die mit Bedeutung versehen und für den Informationsaustausch in BIM-Prozessen verwendet werden.

Überregnete Fläche: Eine Fläche, auf die direkter Niederschlag fällt und die zur Berechnung der abflusswirksamen Fläche herangezogen wird. Sie umfasst sowohl befestigte als auch unbefestigte Flächen.

Vectorworks: CAD- und BIM-Autorensoftware zur Verwaltung und Planung in der Landschaftsarchitektur.

Vorfluter: Gewässer oder Anlagen zur Aufnahme und Ableitung von Niederschlagswasser.

TEIL I: THEORETISCHE GRUNDLAGEN UND RECHERCHE

1 Einleitung

Die digitale Transformation verändert Planungsprozesse in sämtlichen Branchen und stellt auch die Landschaftsarchitektur vor neue Herausforderungen. Durch zunehmende Starkregenereignisse, Hitzeperioden und andere klimatische Veränderungen steigt der Bedarf, nachhaltige, widerstandsfähige Außenräume zu gestalten, die bereits in frühen Phasen des Entwurfs fundiert analysiert werden können. Hier setzt *Building Information Modeling (BIM)* an, das es ermöglicht, komplexe Freianlagenplanungen mit aktuellen Klimadaten zu verknüpfen und sämtliche Informationen zu einem Projekt in einem konsistenten Datenmodell abzubilden. Teil I dieser Arbeit legt die theoretische Grundlage für dieses Vorgehen: Zunächst werden zentrale Begriffe und Konzepte der BIM-Methodik erläutert, bevor auf bestehende Datenstandards und Normen in der Landschaftsarchitektur eingegangen wird.

1.1 Motivation und Problemstellung

„Daten [...]. Ihre Nutzung, Verarbeitung und Verknüpfung ist die Basis nicht nur für neue Dienstleistungen, sondern auch für die Revolutionierung bestehender Dienstleistungen. Wer über den Zugang zu diesen Daten verfügt sowie über die Fähigkeit, diese Daten zu verstehen, hat im Wettbewerb die besseren Chancen, ist schneller im Markt und damit wirtschaftlich erfolgreicher.“ (Resch 2022: 29)

Die Digitalisierung ist längst zu einem entscheidenden Treiber für Produktivität und Effizienz geworden. Eine Studie von Accenture zeigt, dass Unternehmen mit einem höheren Digitalisierungsgrad deutliche Verbesserungen in ihrer Produktivität erzielen (vgl. Accenture 2021). Deutschland liegt dabei im europäischen Vergleich der Digitalisierung im Mittelfeld. Laut dem Index für die digitale Wirtschaft und Gesellschaft (DESI) der Europäischen Kommission erreichte Deutschland 2022 einen Wert von 52,9

Punkten und belegte damit den 13. Platz unter den EU-Mitgliedstaaten. (vgl. Europäische Kommission 2022). Auch bei der Implementierung digitaler Technologien in Unternehmen positioniert sich Deutschland im EU-Mittelfeld, was unter anderem auf die vergleichsweise niedrigen Investitionen in die Digitalisierung zurückzuführen ist (vgl. Zimmermann 2024).

Das *Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)* liefert keine einheitliche Definition des Begriffs „Digitalisierung“. Auf seiner Webseite beschreibt es die digitale Transformation jedoch als einen tiefgreifenden Wandel, der durch technologische Fortschritte maßgeblich vorangetrieben wird. Dieser Wandel umfasst z. B. die Optimierung von Informationsbeschaffung und Kommunikation. Dadurch entstehen neue Produkte und Dienstleistungen, während traditionelle Marktstrukturen zunehmend durch innovative Ansätze ersetzt werden (vgl. BMWK o. D. a). Zugleich hebt das *BMWK* die zentrale Rolle der digitalen Integration hervor: Digitale Kompetenzen gelten als unverzichtbare Schlüsselqualifikationen für den beruflichen wie auch privaten Alltag. Diese Fähigkeiten sind essenziell, um digitale Technologien effizient zu nutzen, wirtschaftliche Potenziale auszuschöpfen und die Wettbewerbsfähigkeit des Wirtschaftsstandorts Deutschland nachhaltig zu sichern (vgl. BMWK o. D. b).

Die Digitalisierung innerhalb Deutschlands zeigt dabei erhebliche Unterschiede zwischen den Branchen. Laut dem Digitalisierungsindex 2023 des *BMWK* (siehe Abb. 1) erreichen Architektur- und Ingenieurbüros, welche zu unternehmensnahen Dienstleistungen zählen, 119,8 Indexpunkte (vgl. Bakalis et al. 2023: 5). Damit liegen sie klar über dem Baugewerbe mit 67,2 Punkten, jedoch weit hinter dem Spitzenreiter der *Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT)* mit 293,1 Punkten (vgl. BMWK 2023).

Obwohl die Digitalisierung der Architektur verglichen mit dem Baugewerbe relativ hoch ist, liegt sie deutlich hinter den führenden Branchen. Der Abstand zur Spitzenbranche IKT ist mehr als dreimal so groß wie der zum Baugewerbe. Dies verdeutlicht das erhebliche Potenzial für technologische Weiterentwicklungen innerhalb der Architekturbranche und wie sie durch Investitionen in digitale Tools und Prozesse weiter profitieren kann.

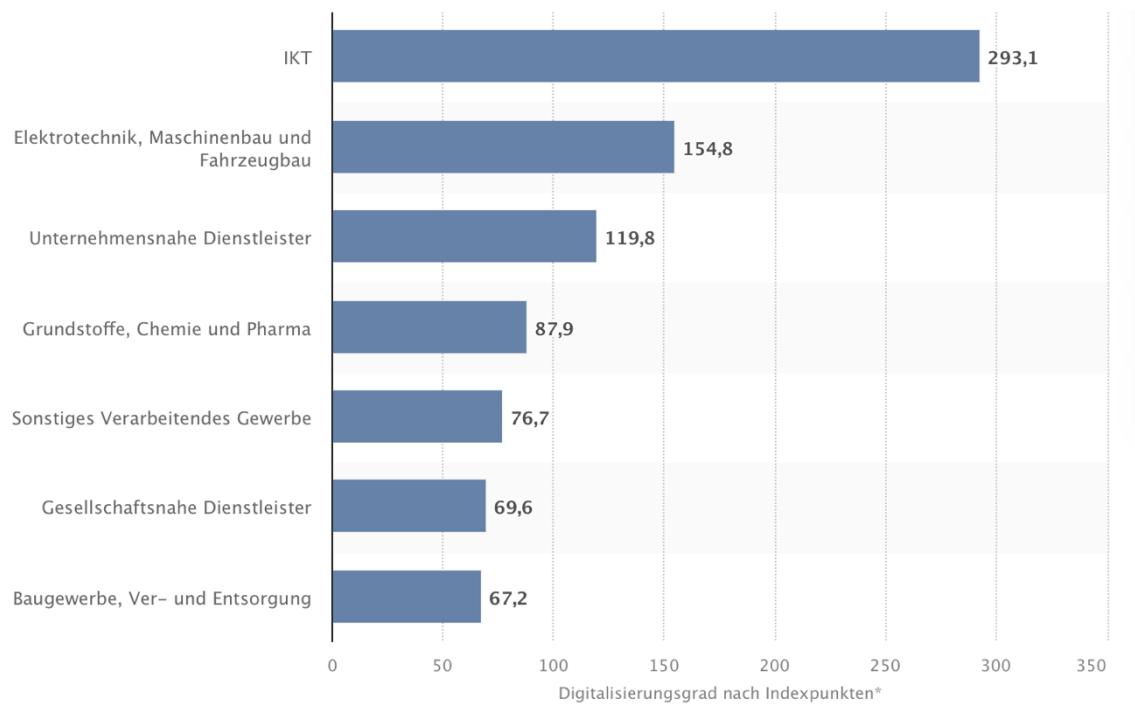


Abb. 1: Digitalisierung der deutschen Wirtschaft nach Branchen im Jahr 2023. (BMWK 2023)

Der vergleichsweise niedrigere Digitalisierungsgrad spiegelt eine zurückhaltende Nutzung moderner digitaler Arbeitsprozesse wie *Building Information Modeling (BIM)* wider. Im Gegensatz zu herkömmlichen CAD-Anwendungen, die lediglich den Zeichenprozess digitalisieren, bietet die BIM-Methodik neue Ansätze, räumliche Konzepte unter Berücksichtigung verschiedener Parameter prozesshaft zu entwickeln. Hierdurch entsteht ein dynamischer Dialog zwischen Entwerfendem und Entwurf, was den Planungsprozess erheblich optimiert. Diese Methodik erfordert jedoch sowohl architektonisches als auch computergestütztes Fachwissen, um das volle Potenzial auszuschöpfen (vgl. Hemmerling/Bähre 2020: 11 f.).

Während BIM im Hoch- und Infrastrukturbau zunehmend Anwendung findet, bleibt die Landschaftsarchitektur in Deutschland weiterhin zurückhaltend bei der Integration dieser Arbeitsprozesse (vgl. Bundesministerium für Digitales und Verkehr 2024). In der Landschaftsarchitektur befindet sich die Anwendung von *BIM* noch in einer Erprobungsphase. Der *Bund Deutscher Landschaftsarchitekten (bdla)* hat im Jahr 2018 eine Arbeitsgruppe eingerichtet, um die Potenziale und Auswirkungen von BIM in der Landschaftsarchitektur zu untersuchen (vgl. bdla 2019). Die Ergebnisse dieser

Untersuchungen werden unter anderem von Schroth et al. (2020) in der *bdl/Verbandszeitschrift* diskutiert.

Eine Umfrage der *Bundesarchitektenkammer* zeigt, dass etwa 29 Prozent der Architekturbüros in Deutschland BIM nutzen oder sich in der Implementierungsphase befinden. Im Vergleich dazu nutzen lediglich 15 Prozent der Landschaftsarchitekturbüros *BIM* regelmäßig (vgl. Reiß 2022). Diese Zahlen verdeutlichen, dass die Architekturbranche bei der Integration von *BIM* deutlich weiter fortgeschritten ist als die Landschaftsarchitektur und es dort erhebliche Weiterentwicklungen bedarf.

Dies bedeutet, dass sich die digitale Praxis in der Landschaftsarchitektur jenseits des CAD-gestützten Zeichnens bislang nur schleppend weiterentwickelt. Die Nutzung beschränkt sich somit überwiegend auf die Vermittlung visueller Informationen, während die erweiterten Möglichkeiten der BIM-Methodik häufig ungenutzt bleiben. Rein CAD-gestützte Zeichnungen enthalten oft keine tiefergehenden Informationen, was zu eingeschränkten Auswertungsmöglichkeiten und einem fragmentierten Datenaustausch führt (vgl. Hemmerling/Bähre 2020: 19; siehe Abb. 2).

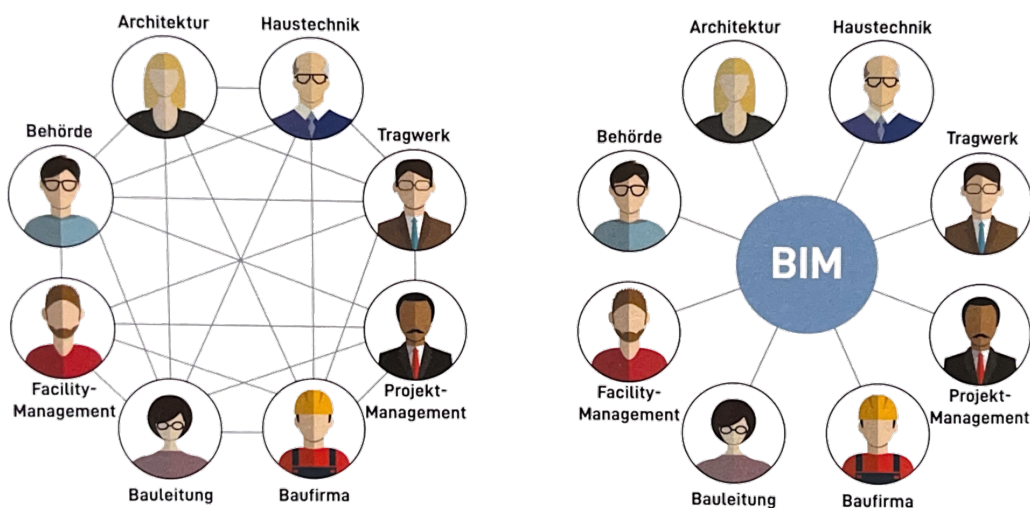


Abb. 2: Gegenüberstellung traditioneller, fragmentierter (links) und integrierender, zentraler (rechts) Kommunikations- und Planungsabläufe. (Hemmerling/Bähre 2020: 130)

Digitale Planungsmethoden bieten allerdings die Möglichkeit wesentlich dazu beizutragen, die Städte der Zukunft resilienter, klimaangepasster und lebenswerter zu gestalten (vgl. Haider 2024: 106 f.). Angesichts der zunehmenden klimatischen Herausforderungen wird die Notwendigkeit für innovative Planungsansätze auch in der Landschaftsarchitektur immer dringlicher (vgl. IPCC et al. 2023: 15). Ein globaler Temperaturanstieg und eine sehr wahrscheinliche Zunahme von Extremwetterereignissen wie Starkregen, Stürmen, Hitzewellen oder Trockenperioden stellen Planende und deren Entwürfe vor neue Herausforderungen und erhöhen den Handlungsdruck, nachhaltige und resiliente Lösungen zu entwickeln (vgl. IPCC et al. 2023: 5, Laue 2019: 12 f.). Insbesondere in urbanen Räumen, wo sich die ohnehin extremeren klimatischen Bedingungen verschärfen, ist mit steigender Überwärmung und vermehrten Überschwemmungsrisiko zu rechnen (vgl. Laue 2019: 13).

Ein sensibler und integrativer Umgang mit Klimafaktoren und Klimadaten gewinnt daher in der Landschaftsarchitektur zunehmend an Bedeutung – sowohl in frühen Planungsphasen als auch durch einen fortlaufenden Abgleich im gesamten Planungsprozess. Besonders deutlich wird dies am Beispiel des Überflutungsnachweises, der über bloße Berechnungen hinausgeht und eine umfassende freiraumplanerische Aufgabe darstellt, die in der Regel nicht von anderen Fachingenieuren allein erfüllt werden kann (vgl. Kirsten/Pfrommer 2020: 11). Häufig können geplante Anlagen das durch Starkregenereignisse verursachte Überflutungsvolumen nicht vollständig aufnehmen, weshalb die Gestaltung der Freianlagen gezielt an diese Anforderungen angepasst werden muss (vgl. Kirsten/Pfrommer 2020: 11).

An dieser Stelle kann BIM als effektive Methode dienen, um diesen Herausforderungen zu begegnen.

„Ein wesentlicher Vorteil in der Verwendung computergestützter Werkzeuge liegt in den vielfältigen Möglichkeiten, diese einzelnen Prozesse [Darstellung, Kommunikation und Realisierung] strategisch miteinander zu verknüpfen, Synergien zu nutzen und Abhängigkeiten frühzeitig zu erkennen und so nutzbar zu machen.“ (Hemmerling/Bähre 2020: 11)

Durch die Integration spezifischer Daten und den Einsatz intelligenter, dreidimensionaler Objekte, die ihre exakte Position im Raum einnehmen und mit zugehörigen Datenbanken verknüpft sind, ermöglicht BIM einen automatisierten, eindeutigen und verlustfreien Informationsaustausch zwischen Arbeitsprozessen sowie allen beteiligten Akteuren. Dabei geht der Austausch über rein visuelle Darstellungen hinaus und umfasst auch detaillierte Eigenschaften der Objekte. Dies führt zu einer besseren Koordination und zu effizienteren, verlustfreien Anpassungen von Planungsständen. Insbesondere im Zeitalter aufkommender KI-Funktionen sind intelligente und vernetzte Datenmodelle entscheidend, um Algorithmen und automatisierte Prozesse effizient nutzen zu können (vgl. ebd.: 16).

Hemmerling und Bähre beschreiben, dass der traditionell stark intuitiv geprägte architektonische Entwurfsprozess von der jüngeren Generation von Planenden bereits in frühen Arbeitsphasen zunehmend digitalisiert wird. Dabei wird deutlich, dass das Potenzial des digitalen Entwerfens nicht in der bloßen Nachbildung analoger Methoden liegt, sondern in der Nutzung rechnergestützter Prozesse, die es ermöglichen, komplexe Wechselwirkungen zu erfassen, zu verknüpfen und auszuwerten (vgl. ebd.: 11 f.).

Im Kontext der Landschaftsarchitektur könnten somit verschiedene Prozesse durch die BIM-Methodik unterstützt werden. Neben klassischen Aufgabenfeldern wie der Höhen- und Flächenplanung könnten darüber hinaus weiterführende Prozesse wie die CO₂-Bilanzierung, nachhaltige Materialauswahl, Standortanalysen oder zum Regenwassermanagement mit *BIM* optimiert werden. Eine vielversprechende Anwendung stellt dabei der modellbasierte Überflutungsnachweis dar, bei dem Starkregenereignisse frühzeitig in die Planung von Freianlagen einbezogen werden können. So ließen sich etwa bereits während des Entwurfsprozesses Niederschlagsdaten direkt in das digitale Modell integrieren und dynamisch berücksichtigen. Hierdurch entstünde die Möglichkeit, bereits in frühen Entwurfsphasen fundierte und belastbare Designentscheidungen auf Grundlage dieser Daten zu treffen und somit die Kosten für Fehlerbehebungen im späteren Verlauf der Planung zu minimieren (siehe Abb. 3).

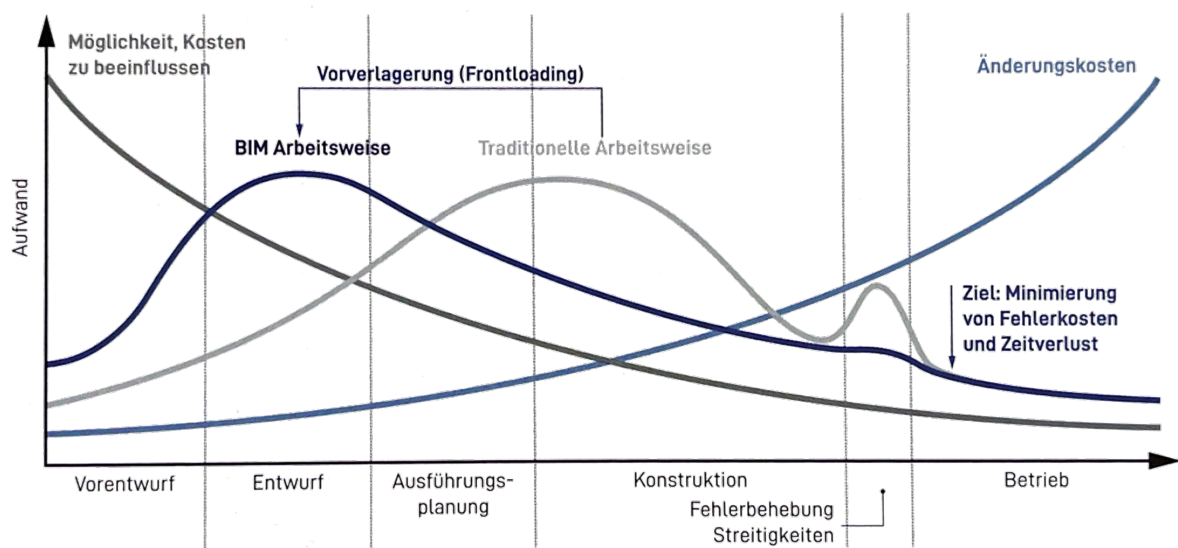


Abb. 3: Vorverlagerung der Planungstiefe und Einflussmöglichkeiten auf die Kostenentwicklung. (Hemmerling/Bähre 2020: 49)

1.2 Zielstellung und Forschungsfragen

Diese Masterarbeit soll daher am konkreten Anwendungsfall des Überflutungsnachweises verdeutlichen, wie die Landschaftsarchitektur von der Digitalisierung profitieren kann. Das übergeordnete Ziel dieser Arbeit ist es, die Potenziale und Herausforderungen der Implementierung von *BIM* in der Landschaftsarchitektur vor dem Hintergrund aktueller klimatischer Herausforderungen zu untersuchen. Durch die Integration von Niederschlagsdaten des *Deutschen Wetterdienstes (DWD)* in das Teil-Fachmodell *Freianlagen* soll aufgezeigt werden, wie diese digitale Arbeitsmethode zur Entwicklung fundierter Entwürfe beitragen kann. Der Fokus dieser Arbeit liegt dabei auf der Durchführung eines modellbasierten Überflutungsnachweises im Rahmen der BIM-Methodik innerhalb des landschaftsarchitektonischen Entwurfsprozesses.

Aus den vorangegangenen dargestellten Zielsetzungen und Untersuchungsaspekten können die folgenden Forschungsfragen abgeleitet werden:

1. Integration von Niederschlagsdaten:

Wie können Niederschlagsdaten des Deutschen Wetterdienstes zielgerichtet und systematisch in das Teil-Fachmodell Freianlagen integriert werden, um einen modellbasierten Überflutungsnachweis im landschaftsarchitektonischen Entwurfsprozess zu ermöglichen?

2. Prozessdefinition:

Welche spezifischen Prozesse und digitalen Tools sind am Beispiel der Autorensoftware Vectorworks erforderlich, um innerhalb des landschaftsarchitektonischen Entwurfsprozesses einen modellbasierten Überflutungsnachweis für Außenanlagen zu erstellen?

Um diese Forschungsfragen zu beantworten, werden die spezifischen Herausforderungen bei der Implementierung des Überflutungsnachweises in die BIM-Methodik untersucht. Dazu gehören der mögliche Mangel an ausformulierten Prozessbeschreibungen und etablierten Standards zur Verarbeitung und Integration der benötigten Datensätze für diesen Anwendungsfall.

Durch die Entwicklung eines automatisierten Überflutungsnachweises innerhalb des Fachmodells der Landschaftsarchitekten und die detaillierte Festlegung des erforderlichen Arbeitsprozesses soll aufgezeigt werden, wie die BIM-Methodik zu fundierten und effizienten Planungen in der Landschaftsarchitektur beitragen kann. Die Ergebnisse dieser Arbeit sollen nicht nur einen konkreten Anwendungsfall für die BIM-Methodik in der Landschaftsarchitektur beschreiben, sondern auch praxisnahe Anregungen liefern, die ihren Teil zur Beschleunigung der digitalen Entwicklung in der Branche beitragen. Mithilfe der Demonstration, wie BIM-gestützte Überflutungsnachweise frühzeitig in den Entwurfsprozess integriert werden können, soll ein möglicher Weg zu einer digitalen und nachhaltigen Praxis in der Landschaftsarchitektur aufgezeigt werden. Dieser Ansatz soll außerdem dabei helfen, den aktuellen klimatischen Herausforderungen gerecht zu werden und die Entwicklung klimaresilienter Entwürfe zu fördern.

Die hier vorliegende Untersuchung erfolgt mittels der Autorensoftware *Vectorworks*. Die Auswahl dieser Software beruht auf ihrer vielfältigen Anwendung sowohl in der Praxis als auch im akademischen Bereich (vgl. TU München 2022: 70). Dies wird am Beispiel der Technischen Universität München deutlich, an welcher im Rahmen des Bachelorstudiengangs Landschaftsarchitektur Übungen zu „CAD für Landschaftsarchitekten – Vectorworks“ angeboten werden (vgl. ebd.). Auch in Landschaftsarchitekturbüros hat sich Vectorworks als alltägliches Planungswerkzeug fest etabliert und umfasst den gesamten Planungsprozess von den frühen Entwurfsphasen bis hin zur Ausführungsplanung (vgl. ebd.; vgl. Schroth et al. 2020: 18; siehe Anhang 4.1: Abschn. 2).

1.3 Aufbau der Masterarbeit

Die Masterarbeit gliedert sich in drei zentrale Teile, in denen die theoretischen Grundlagen, die methodische Vorgehensweise sowie die Ergebnisse und deren kritische Analyse systematisch dargestellt werden.

Der erste Teil liefert die konzeptionelle Basis der Arbeit. Nachdem in der Einleitung die Motivation und Problemstellung eingeführt sowie die Zielsetzung und Aufstellung der Forschungsfragen erläutert werden, gibt der Abschnitt über den aktuellen Stand der Forschung und die Grundlagen zur Anwendung der *BIM-Methodik* in der Landschaftsarchitektur einen umfassenden Überblick. Dabei wird untersucht, welche Erkenntnisse sich aus der bisherigen Forschung für die Integration eines modellbasierten Überflutungsnachweises ableiten lassen und inwiefern dieser bereits in andere Fachmodelle integriert wurde. Zudem werden die relevanten Datenstandards und Informationsanforderungen behandelt, die für eine effiziente Implementierung von Bedeutung sind. Ergänzend wird eine Analyse der geltenden Richtlinien und Normen sowie der aktuellen praktischen Umsetzung des Überflutungsnachweises durchgeführt, um die regulatorischen Rahmenbedingungen für den Überflutungsnachweis im digitalen Planungsprozess zu evaluieren. Dazu werden unter anderem Expertengespräche geführt, deren Erkenntnisse in diesem Abschnitt berücksichtigt werden.

Im methodischen Teil wird ein strukturierter, modellbasierter Ablauf zur Integration eines BIM-gestützten Überflutungsnachweises in den landschaftsarchitektonischen Entwurfsprozess beschrieben (siehe Abb. 4). In einem ersten Schritt wird ein geeignetes Referenzprojekt ausgewählt, das bereits eine klassische Entwässerungsplanung einschließlich eines Überflutungsnachweises aufweist. Anschließend erfolgt die Modellierung des Fachmodells *Freianlagen* in der Autorensoftware *Vectorworks*, wobei relevante Modellelemente unter Berücksichtigung spezifischer *CPsets* und individueller Datenbankstrukturen definiert werden. Ein zentraler Bestandteil der Methodik ist die Integration georeferenzierter Klimadaten des *DWD* in das Fachmodell. Dazu werden die *KOSTRA-DWD-Niederschlagsdaten* in einem mehrstufigen Prozess

aufbereitet und in geeigneten Datenstrukturen hinterlegt, um eine direkte Verknüpfung mit den Modellelementen des Fachmodells zu ermöglichen.

Die Berechnung des Überflutungsnachweises erfolgt auf Basis der normativen Vorgaben der *DIN 1986-100* und *DWA-A 138-1* und wird mittels Tabellen in *Vectorworks* implementiert. Dabei werden die maßgebenden Regenspenden iterativ ermittelt und mit den modellierten Entwässerungsanlagen verknüpft. Zur Sicherstellung der methodischen Korrektheit erfolgt eine Validierung der Ergebnisse sowohl durch den Vergleich mit den Berechnungen des Referenzprojekts als auch durch eine externe Überprüfung des Ingenieurbüros *Ingenieurgesellschaft für Stadthydrologie mbH (ifs)*.



Abb. 4: Methodisches Vorgehen zur BIM-gestützten Integration des modellbasierten Überflutungsnachweises. (Eigene Darstellung)

Im abschließenden Teil erfolgt die Analyse und Reflexion der Methodik sowie deren Interpretation im Kontext der Forschungsfragen. Dabei wird explizit dargelegt, welche Rückschlüsse sich aus der Untersuchung ziehen lassen und inwiefern die entwickelte Methodik die bestehenden Planungsprozesse optimieren kann. Die Potenziale und Herausforderungen der modellbasierten Berechnung werden diskutiert, insbesondere im Hinblick auf die praktische Anwendbarkeit in der Landschaftsarchitektur. Zudem wird ein Fazit gezogen, welches die zentralen Ergebnisse zusammenfasst und zukünftige Entwicklungsperspektiven skizziert, bevor abschließend weiterführende Forschungsansätze aufgezeigt werden.

2 Grundlagen und Stand der Forschung

In diesem Kapitel werden die theoretischen Grundlagen und der aktuelle Stand der Forschung zum Überflutungsnachweis im Kontext der BIM-Methode in der Landschaftsarchitektur dargestellt. Dabei werden zunächst zentrale Begriffe und Konzepte definiert, um eine gemeinsame Grundlage für das Verständnis des nachfolgenden Vorgehens im methodischen Teil zu schaffen. Ziel ist es, die methodische und technologische Ausgangslage darzustellen und gleichzeitig bestehende Forschungsdefizite aufzuzeigen, die durch diese Arbeit adressiert werden. Weiterführende Diskussionen zur Übertragbarkeit und methodischen Einschränkungen erfolgen im abschließenden Teil „Diskussion und Fazit“ der Arbeit.

2.1 BIM in der Landschaftsarchitektur

In Deutschland wird von Landschaftsarchitekten zunehmend die Bereitstellung von BIM-Modellen erwartet. Dies trifft insbesondere im Rahmen von Freiraumplanungen zu, die in Verbindung mit Immobilienprojekten und in Zusammenarbeit mit anderen Gewerken umgesetzt werden, bei denen *BIM* bereits etabliert ist (vgl. Brückner et al. 2019: 131). Ursprünglich für den Hochbau entwickelt, blieben allerdings die spezifischen Anforderungen der Landschaftsarchitektur in den frühen Konzepten von *BIM* unberücksichtigt (vgl. Van Berlo et al. 2021: 4). Mittlerweile wurden jedoch Autorensoftwares wie *DATAflor* und *Vectorworks* gezielt für die Bedürfnisse der Landschaftsarchitektur weiterentwickelt (vgl. DATAFlor AG o. D.; vgl. ComputerWorks GmbH o. D. b). Diese Programme verfügen über spezialisierte BIM-Funktionen, die den komplexen Anforderungen der Landschaftsarchitektur besser gerecht und fortlaufend optimiert werden, sodass die BIM-Methodik vielversprechende Perspektiven für die Landschaftsarchitektur bereithält (vgl. DATAFlor AG o. D.; vgl. ComputerWorks GmbH o. D. b).

2.1.1 Definition und Potenziale von BIM

„Building Information Modeling (BIM) bezeichnet eine kooperative Arbeitsmethodik, mit der die für seinen Lebenszyklus relevanten Informationen und Daten eines Bauwerks auf der Grundlage digitaler Modelle konsistent erfasst, verwaltet und in einer transparenten Kommunikation zwischen den Beteiligten ausgetauscht oder für die weitere Bearbeitung übergeben werden.“ (BIM Deutschland 2024)

BIM ist keine spezifische Software oder ein einzelnes Werkzeug, sondern eine Methode, die vielfältige Aspekte des Planens, Bauens und Betreibens in der Landschaftsarchitektur verknüpfen kann. Sie basiert auf der Idee, digitale Datenmodelle kontinuierlich über den gesamten Lebenszyklus eines Bauprojekts zu nutzen (vgl. Hemmerling/Bähre 2020: 19).

Während bei einer fragmentierten 2D-Planung räumliche Zusammenhänge oft gedanklich hergestellt werden müssen, bietet ein konsistentes 3D-Modell einen ganzheitlichen Überblick. Es zeigt die Auswirkungen von Änderungen und die Abhängigkeiten zwischen einzelnen Elementen auf. Dies ist besonders wichtig, um die komplexen Interaktionen der gestalteten Umgebungen zu verstehen und fundierte Entscheidungen treffen zu können (vgl. ebd.). Das digitale Modell dient somit als virtuelle Repräsentation des realen Projekts und bildet die Grundlage für mögliche Analysen und Nachweise. Szenarien zu Wasserabfluss, Sonneneinstrahlung oder dem Wachstum von Pflanzen können so beispielsweise bereits in frühen Planungsphasen untersucht werden. Dadurch fungiert *BIM* als Instrument für fundierte Entscheidungsfindung und fördert nachhaltige Planungsansätze (vgl. Haider 2024: 60 f., 88; vgl. Hemmerling/Bähre 2020: 20).

Zusätzlich zur geometrischen Darstellung können alphanumerische Daten an die Modellelemente gekoppelt werden. Informationen wie beispielsweise zu Bodeneigenschaften, Regenspenden, Material und der hieraus resultierende Abflussbeiwert können den jeweiligen Elementen zugeordnet werden. Diese detaillierte Datenan-

bindung ermöglicht eine präzise Planung und erleichtert die spätere Pflege und Wartung der Freianlage (vgl. Brückner 2023).

Ein weiterer wichtiger Aspekt besteht in der Zusammenarbeit aller Projektbeteiligten über eine zentrale Datenplattform. Landschaftsarchitekten, Architekten, Ingenieure, Auftraggeber und ausführende Firmen können auf das aktuelle Modell zugreifen, ihre Beiträge einpflegen und sich untereinander koordinieren. Dies führt zu einer verbesserten Kommunikation, minimiert mögliche Fehler und optimiert den gesamten Planungs- und Bauprozess (vgl. Hemmerling/Bähre 2020: 20 f.). Ein substanzieller Nutzen der BIM-Methodik entsteht jedoch insbesondere dann, wenn das entwickelte Modell über den gesamten Lebenszyklus des Projekts hinweg eingesetzt werden kann (vgl. Brückner et al. 2019: 132).

2.1.2 Aktueller Forschungsstand und Herausforderungen von BIM

Es lässt sich festhalten, dass *BIM* ein erhebliches Potenzial für die Transformation der Landschaftsarchitektur bietet. Dennoch bestehen weiterhin wesentliche Hürden, die vor einer breiten Anwendung überwunden werden müssen, da *BIM* in der Landschaftsarchitektur bislang nur wenig genutzt wird (vgl. Nikologianni et al., 2022: 10). Laut einer Umfrage der Beuth Hochschule für Technik Berlin nutzen fast 80 Prozent der Landschaftsarchitekturbüros in Deutschland *BIM* noch nicht regelmäßig. Häufig wird BIM als zusätzliche Belastung wahrgenommen, ohne dass die Vorteile für Planungsprozesse direkt sichtbar sind. Rund 40 Prozent dieser Büros betrachten *BIM* als Herausforderung, die erhebliche zeitliche und personelle Ressourcen bindet (vgl. Forner, 2021: 4).

Ein zentraler Faktor ist die Abhängigkeit des BIM-Einsatzes von verfügbaren Ressourcen, die oft mit der Bürogröße korrelieren. Dies zeigt sich im Hochbau, wo nur 13 Prozent der kleinen Architekturbüros mit weniger als zehn Mitarbeitenden BIM einsetzen, während über 90 Prozent der großen Büros mit mehr als 250 Beschäftigten diese Methode regelmäßig anwenden (vgl. Reiß, 2022: 15). Die Einführung von *BIM*

erfordert darüber hinaus erhebliche Investitionen in Hard- und Software sowie intensive Schulungen. Außerdem verlangt die Methodik enge Zusammenarbeit und koordinierte Abläufe in Projekten, was einen schrittweisen organisatorischen Wandel voraussetzt, um *BIM* nachhaltig in der Landschaftsarchitektur zu verankern (vgl. König et al., 2023: 4).

Die Forschungsarbeit von Nikologianni et al. (2022) weist zusätzlich darauf hin, dass die spezifischen Anforderungen der Landschaftsarchitektur in der BIM-Entwicklung bisher wenig Berücksichtigung finden. Die Autoren untersuchten den Einfluss von *BIM* auf die Landschaftsarchitektur mit Schwerpunkt auf Planung, Städtebau und Klimawandel. Hierzu wurde eine systematische Literaturrecherche durchgeführt, die relevante Publikationen der SCOPUS-Datenbank von 2010 bis 2021 analysierte (vgl. ebd.: 2).

Die Untersuchung ergab, dass es bisher nur wenige Studien zur Anwendung von BIM in der Landschaftsarchitektur gibt. Obwohl *BIM* im Hoch- und Infrastrukturbau weit verbreitet ist, ist es in der Landschaftsarchitektur kaum etabliert (vgl. ebd.: 10). Zudem konzentrieren sich vorhandene Forschungsaktivitäten überwiegend auf Planung, während Städtebau und Klimawandel deutlich weniger Beachtung finden (vgl. ebd.: 5).

In der Arbeit von Gnädinger et al. (2021) steht die unzureichende Kompatibilität zwischen bestehenden BIM-Standards und den Anforderungen der Landschaftsarchitektur, insbesondere im Umgang mit GIS-Daten, im Mittelpunkt. Gängige Standards wie die *Industry Foundation Classes (IFC)* bieten derzeit beispielsweise für GIS-basierte Niederschlagsdaten keine umfassenden Klassifikationen (vgl. Gnädinger et al. 2021: 330). Zudem sind Datenerhebung und Modellierung in der Landschaftsarchitektur komplexer als im reinen Hochbau, da beispielsweise dynamische Vegetation und ökologische Zusammenhänge erfasst und digital abgebildet werden müssen. Diese Vielfalt erhöht nicht nur die Komplexität von Datensätzen, sondern erschwert auch die Standardisierung (vgl. Brückner 2023: Abschn. Dynamische Baummodelle).

Nikologianni et al. (2022: 12) betonen dennoch das erhebliche Potenzial von *BIM* für die Landschaftsarchitektur und fordern einen integrativen Planungsansatz, der städtebauliche Aspekte und den Klimawandel gleichwertig berücksichtigt. Ein zentrales

Erfordernis ist die Weiterentwicklung softwaretechnologischer Lösungen, da diese ein häufig genannter limitierender Faktor sind (vgl. Brückner 2023: Abschn. Diskussion und Fazit).

Obwohl bereits BIM-fähige Softwarelösungen im Hoch- und Infrastrukturbau bestehen, sind sie oft nicht auf die speziellen Anforderungen der Landschaftsarchitektur zugeschnitten (vgl. ALLPLAN Deutschland GmbH o. D.). Die Herausforderung liegt insbesondere in der Bereitstellung von Software, die die komplexen Aufgaben des landschaftsarchitektonischen Entwurfsprozesses umfasst. Zwar verfügen Softwarelösungen anderer Branchen über Tools, welche z. B. eine effiziente Planung von BIM-konformen Versickerungsanlagen ermöglichen, doch vernachlässigen sie häufig die Anforderungen der Freiraumplanung und bleiben auf ingenieurspezifische Anwendungen beschränkt (vgl. SOIL-PARTS GmbH o. D.). Die bereits genannten CAD-BIM-Autorensoftwares wie *DATAflor* oder *Vectorworks* wurden zwar speziell für die Landschaftsarchitektur entwickelt, bieten jedoch derzeit keine vergleichbaren Tools (vgl. DATAFlor AG o. D.; vgl. ComputerWorks GmbH o. D. b). Mit steigender Nachfrage nach BIM-Lösungen dürften jedoch weitere Anpassungen der Softwarehersteller folgen (vgl. Brückner 2023: Abschn. Diskussion und Fazit).

Leistungsfähige Modellierungstools und standardisierte Sachdaten sind Schlüsselfaktoren für effiziente Workflows und daraus resultierende Mehrwerte. Allerdings bringt die Umstellung auf objektbasierte 3D-Modellierung zu Beginn einen erheblichen Mehraufwand mit sich, dessen Vorteile für Qualität, Zeitmanagement und Koordination sich erst in späteren Projekten voll entfalten. Immer mehr Büros, die bereits mit *BIM* arbeiten, entwickeln eigene Lösungen, flächendeckend etablierte und allgemein zugängliche Workflows fehlen aber noch weitgehend (vgl. ebd.).

2.1.3 Datenstandards und Informationsanforderungen in BIM

Ein BIM-Modell setzt sich aus einer Vielzahl von Objekten bzw. Modellelemente zusammen. Diese Elemente repräsentieren die physischen und funktionalen Bestandteile eines Bauwerks im digitalen Modell. Ein Modellelement besteht dabei aus einer Kombination von geometrischen Informationen, die die Form, Lage und Größe des Objekts beschreiben, sowie semantischen Informationen, die alphanumerische Daten wie Material, Funktion oder Kosten enthalten. Darüber hinaus beschreiben semantische Informationen die Beziehungen der Objekte zu anderen Elementen im Modell. Durch diese Verknüpfungen und der daraus entstehenden Baumstruktur unter den Objekten, wird den Daten eine tiefere Bedeutung verliehen. (vgl. Fieberg 2022: 31 f., 35 f.).

Die geometrischen Eigenschaften werden dabei durch das *Level of Geometry (LOG)* bzw. *Level of Detail* beschrieben, während die semantischen Informationen im *Level of Information (LOI)* erfasst werden. Gemeinsam bilden diese beiden Aspekte das *Level of Development (LOD)*, welches durch die Leistungsphase nach HOA/sowie maßgeblich durch die Anforderungen der *Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA)* bestimmt wird (vgl. Fieberg 2022: 49). Das *LOD* beschreibt die Detaillierungsstufe eines Modells sowohl hinsichtlich seiner Geometrie als auch der zugehörigen Informationen und ist in verschiedene Stufen unterteilt. In der Praxis existieren verschiedene Definitionen und Interpretationen des *LOD*, weshalb eine klare Abgrenzung und Festlegung der jeweiligen Anforderungen im Projekt benötigt wird, um Missverständnisse oder Informationslücken zu vermeiden (vgl. ebd.: 32 f.).

Laut Fieberg (2022: 34) können diese wie folgt beschrieben werden:

LOD 100 beschreibt Platzhalter in Form einfacher Volumenkörper oder Symbole, ohne dass spezifische Datenanforderungen gestellt werden. Der Übergang zu *LOD 200* ist fließend und zeichnet sich durch eine zunehmende Detaillierung der Geometrie als auch der hinterlegten Informationen aus.

LOD 200 umfasst bereits eine definierte Objektklasse, die geometrisch die Proportionen des fertigen Bauteils andeutet. Erste alphanumerische Informationen wie Benennung, Gewicht oder Material sind vorhanden, und das Objekt kann einer Baugruppe oder Anlage zugeordnet werden.

LOD 300 bildet die Basis für Genehmigungsmodelle. Es enthält alle relevanten Daten für baurechtliche Genehmigungen sowie mit dem Modell verknüpfte Berechnungen. Die geometrische Präzision entspricht typischerweise einem Maßstab von 1:50, wobei in der Landschaftsarchitektur auch mit einem Maßstab von 1:100 gearbeitet wird.

LOD 400 entspricht dem Ausführungsmodell und integriert herstellerspezifische Informationen zum Produkt und zur Montage. Es stellt die genaueste geometrische Detailstufe dar.

LOD 500 wird als „as built“ bezeichnet. Hier entspricht das Modell exakt dem real eingebauten Zustand, was eine aufwendige Überprüfung und Pflege des Modells erforderlich macht.

Diese Differenzierung erlaubt es, den Detaillierungsgrad eines Modells an den jeweiligen Projektstatus anzupassen. In frühen Planungsphasen genügen geringere Anforderungen an die geometrische Präzision, während in späteren Phasen detaillierte Informationen für Ausführung, Kostenberechnung und Dokumentation bereitgestellt werden müssen. Die Definition eines geeigneten *LODs* ist entscheidend, um Datenflüsse effizient zu gestalten und unnötigen Mehraufwand zu vermeiden. Dabei ist es wichtig, die Geometrie eines Objekts separat zu betrachten, da eine erhöhte Detailtiefe der semantischen Daten nicht zwangsläufig eine ebenso detaillierte geometrische Darstellung erfordert (vgl. Fieberg 2022: 49).

Die geometrischen und semantischen Daten werden im *Industry Foundation Classes-Format (IFC-Format)* in sogenannten Objektklassen bzw. *Entities* verknüpft und in Baumstrukturen in Beziehung gesetzt (vgl. ebd.: 31, 41). Dieser von *building-SMART International (bSI)* entwickelte, herstellernerneutrale und offene Standard ermöglicht den modellbasierten Datenaustausch zwischen verschiedenen Softwarelösungen und

Fachdisziplinen (vgl. Brückner et al. 2019: 131). Die *Entities* bilden die Grundbausteine des digitalen Fachmodells, indem sie spezifische Elemente wie Bauwerksteile, Ausstattungsgegenstände, Räume oder Prozesse als einzelne Modellelemente repräsentieren (vgl. Fieberg 2022: 36).

In der obersten Ebene erhält jedes Objekt eine *Globally Unique Identifier (GUID)* – einen 32-stelligen Code aus Buchstaben und Zahlen, der in der Klasse *IfcRoot* abgelegt ist (siehe Abb. 4). Dadurch lassen sich Objekte im Modell eindeutig identifizieren, auch wenn sie mehrfach vorkommen (z. B. identische Fenster). Das ermöglicht präzise Suchabfragen und eine eindeutige Zuordnung von Kollisionen (vgl. ebd.: 35 f.).

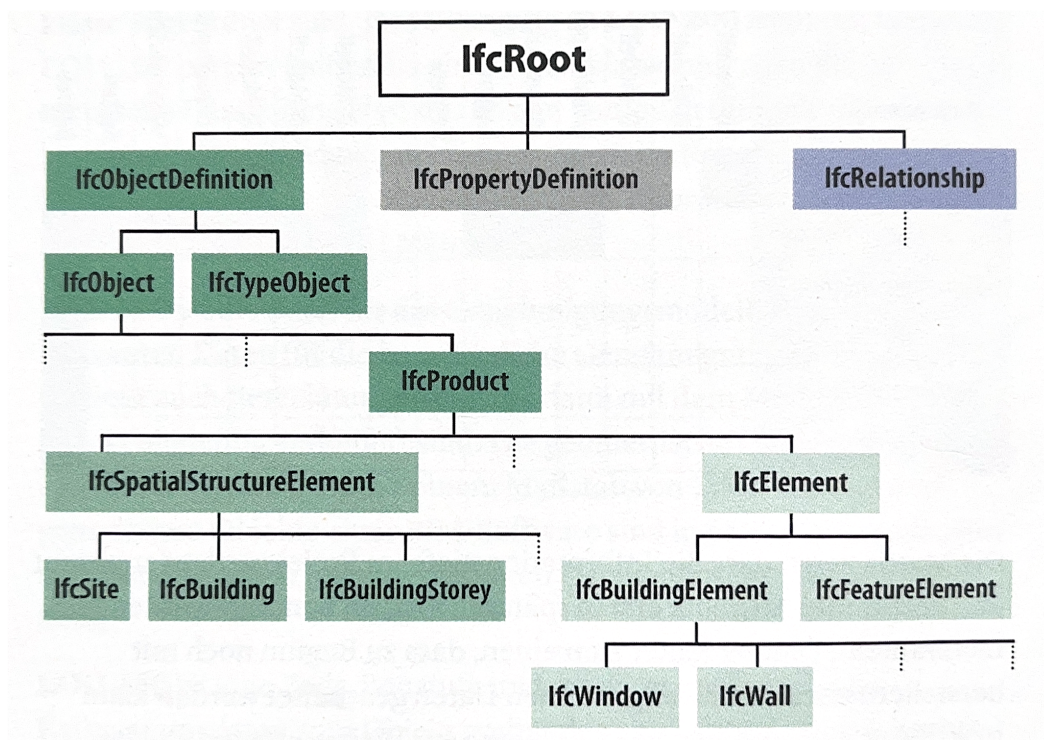


Abb. 5: Hierarchie von IFC-Objekten als Express-G-Darstellung. (Fieberg 2022: 36)

In der zweiten Ebene des IFC-Formats befinden sich drei grundlegende Elemente: *IfcObjectDefinition*, *IfcPropertyDefinition* und *IfcRelationship*:

IfcObjectDefinition: Dieses Element definiert die grundlegenden Eigenschaften eines Objekts, abhängig davon, ob es sich um ein physikalisches Bauteil, einen Raum oder einen Prozess handelt. Die Wahl der *IfcObjectDefinition* bestimmt die untergeordneten

Details zur Beschreibung des Objekts (vgl. Fieberg 2022: 36). Am Beispiel des Objekts Wand, lässt sich die Baumstruktur bis zum Entity *IfcWall* verdeutlichen (siehe Abb. 5).

IfcPropertyDefinition: Diese Komponente fungiert als Sammelcontainer für zusätzliche, teils projektspezifische Eigenschaften, die nicht zwingend in der IFC-Struktur festgelegt sind. Hier können Kommentare, Verweise und weitere individuelle Informationen gespeichert werden (vgl. ebd.).

IfcRelationship: Dieses Element beschreibt die Beziehungen zwischen verschiedenen Objekten, wodurch Abhängigkeiten und Hierarchien klar definiert werden können (vgl. ebd.).

Eine wichtige Substruktur von *IfcPropertyDefinition* sind die *Property Sets (PSets)*. Diese sind vordefinierte Sammlungen von Eigenschaften und ermöglichen es Standardinformationen für spezifische Elemente bereitzustellen, wie beispielsweise länderspezifische Angaben (z. B. Feuerwiderstandsklassen gemäß deutscher Normung). *Custom Property Sets (CPsets)* bieten hingegen die Möglichkeit, projektspezifische Anforderungen abzubilden, die nicht durch standardisierte *PSets* abgedeckt sind. Dies ist besonders in der Landschaftsarchitektur von Bedeutung, da hier oft individuelle Anforderungen an Objekte gestellt werden, die noch nicht standardisiert erfasst sind (vgl. ebd.: 39 f.).

Eine weitere zentrale Rolle im IFC-Format spielt das *IfcMeasureResource-Schema*, das auf Projektebene die Einheiten der Eigenschaften definiert. Es legt Maßtypen (Defined value types) fest, wie beispielsweise Länge (*IfcLengthMeasure*), Zeit (*IfcTimeMeasure*) oder Fläche (*IfcAreaMeasure*). Diese Maßtypen dienen als allgemeine Definitionen für Eigenschaften, die eine physikalische Dimension beschreiben, und garantieren damit eine einheitliche Datenbasis und Kompatibilität zwischen unterschiedlichen Softwareanwendungen. Die tatsächlichen Einheiten, in denen diese Maßtypen interpretiert werden, sind standardmäßig über die *IfcUnitAssignment* auf Projektebene definiert, wodurch beispielsweise Meter für Längenmaße oder Sekunden für Zeitangaben für das gesamte Projekt festgelegt werden (vgl. buildingSMART International o. D. a).

Darüber hinaus gewinnt die aktuelle *IFC-Version 4.3*, entwickelt nach der *ISO-Norm 16739*, zunehmend an Bedeutung. Sie wurde speziell optimiert, um den Datenaustausch für Infrastrukturprojekte zu verbessern. Dieser Standard berücksichtigt nun auch Elemente des Tiefbaus, was sich ebenfalls auf Projekte der Landschaftsarchitektur positiv auswirken kann (vgl. Jaud et al. 2020: 1). Jedoch fehlen weiterhin spezifische Standards für landschaftsarchitektonische Anforderungen, wie standardisierte *Entities* und Datensätze für Vegetationsbestände oder Gehölze (vgl. Brückner et al. 2019: 131; 137).

Neben *IFC 4.3* werden bereits künftige Versionen wie *IFC 5* diskutiert, welche sich auf die Modernisierung und Modularisierung der bestehenden Standards konzentrieren. Diese sollen die Interoperabilität zwischen verschiedenen Domänen verbessern und die Implementierung von Erweiterungen erleichtern (vgl. Van Berlo et al. 2021: 1). Unter anderem werden auch konkrete Anforderungen aus Bereichen der Landschaftsarchitektur erarbeitet, was sich in der von *buildingSMART Deutschland (bSD)* veröffentlichten Vorstandardisierungsarbeit von Brückner und Pietsch (2024) zum Fachmodell *Landschaft und Freianlagen* zeigt.

2.1.4 Fachmodell Landschaft und Freianlagen

Die jüngst veröffentlichte Vorstandardisierungsarbeit für das Fachmodell „Landschaft und Freianlagen“ markiert einen entscheidenden Fortschritt in der Weiterentwicklung der BIM-Methodik für die Landschaftsarchitektur. Sie wurde von der *bSD-Fachgruppe Landschaftsarchitektur* und dem *FLL-Arbeitskreis BIM* entwickelt, um bestehende Lücken in den Standards zur modellbasierten Abbildung von geometrischen und semantischen Daten in der Landschafts- und Freiraumplanung zu schließen (vgl. Brückner/Pietsch 2024: 6).

Während Fachmodelle für andere Bereiche, wie Architektur und Tragwerksplanung, bereits etabliert sind, fehlt bislang eine vergleichbare Definition für die Landschaftsarchitektur (vgl. Fieberg 2022: 20 f.). Die Vorstandardisierungsarbeit beinhaltet einen Merkmalskatalog, der die Grundlage für die Definition von Klassen eines integrierten Fachmodells in zukünftigen IFC-Versionen bildet. Dieser Katalog stellt eine einheitliche Datenstruktur bereit, die zentrale Anwendungsfälle abdeckt und gleichzeitig flexibel an projektspezifische Anforderungen angepasst werden kann (vgl. Brückner 2023: Abschn. Diskussion und Fazit).

Das Fachmodell gliedert sich in die Teilmodelle *Landschaft* und *Freianlagen*. Das Teilmodell *Landschaft* konzentriert sich konkret auf die Landschafts- und Umweltplanung, einschließlich Schutzgüter, Umweltverträglichkeitsprüfungen sowie landschaftspflegerische Begleit- und Ausführungsplanungen. Es integriert Geoinformationsdaten, die eine zentrale Grundlage für landschaftsbezogene Planungsaufgaben darstellen. Das Teil-Fachmodell *Freianlagen* befasst sich wiederum mit der Gestaltung und Bewirtschaftung von Freiflächen, wie Oberflächenbefestigungen, Bepflanzungen und Regenwassermanagement (vgl. Brückner/Pietsch 2024: 11). Im Rahmen dieser Masterarbeit wird sich daher an der vorgegebenen Struktur des Teil-Fachmodells *Freianlagen* orientiert. Die Teilmodelle werden durch spezifische Klassen und Merkmale bzw. Eigenschaften strukturiert, die spezifische *Entities* (Klassen) und deren zugehörige *PSets* (Merkmals-Gruppen) darstellen (siehe Abb. 6).

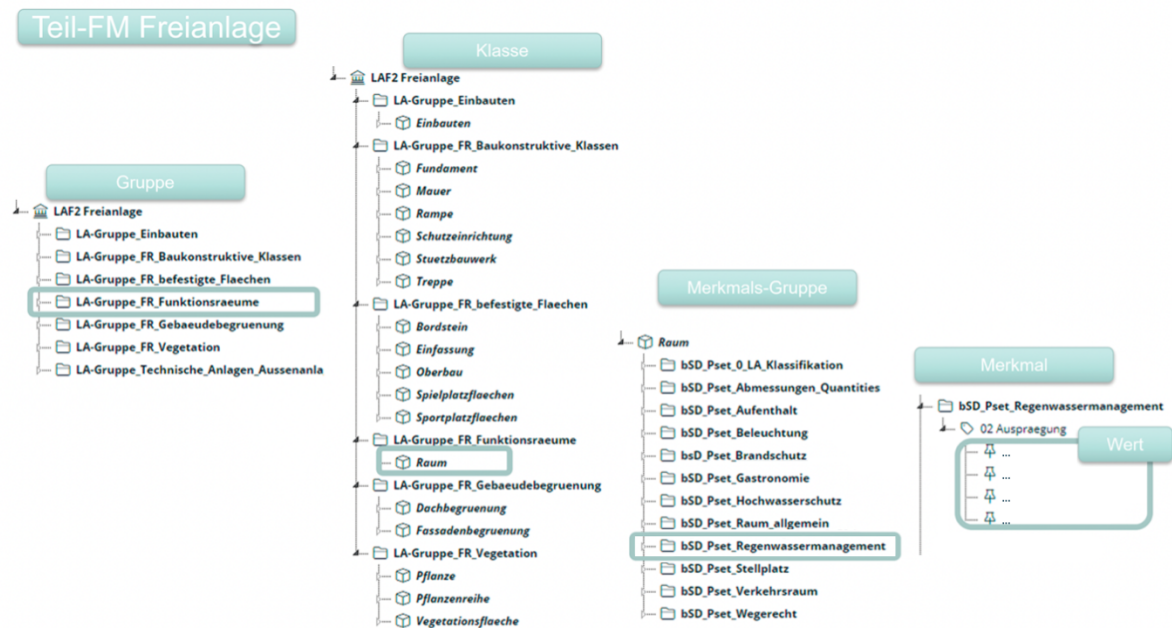


Abb. 6: Klasse Raum für Funktionsräume im Teil-Fachmodell Freianlage (In Anlehnung an Brückner/Pietsch 2024: 18)

Ein wesentliches Ziel des Fachmodells ist die standardisierte Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Gewerken und Softwarelösungen. Dazu wurde es mit dem Katalog *BIM-Klassen der Verkehrswege* abgestimmt und um spezifische Klassen erweitert, die den Anforderungen der Landschaftsarchitektur gerecht werden. Diese enge Verknüpfung mit bestehenden Standards gewährleistet die Vergleichbarkeit und Wiederverwendbarkeit von Daten über den gesamten Projektlebenszyklus und ermöglicht eine nahtlose Integration in übergeordnete Koordinationsmodelle (vgl. Brückner/Pietsch 2024: 8).

Ein Koordinationsmodell setzt sich aus verschiedenen Fachmodellen zusammen, die von den jeweiligen Fachplanenden erstellt werden. Jedes Fachmodell besteht aus mehreren Teilmodellen, die für spezifische Aufgaben modifiziert und mit relevanten Informationen angereichert werden (siehe Abb. 7). Die klare Strukturierung ermöglicht eine übersichtliche Modellstruktur und erlaubt es, für jedes Teilmodell klare und differenzierte Anforderungen zu definieren (vgl. Fieberg 2022: 29).

Das Koordinationsmodell dient dabei als zentrale Plattform zur Integration aller Fachmodelle eines Projekts. Es fördert die interdisziplinäre Zusammenarbeit,

ermöglicht das frühzeitige Erkennen potenzieller Konflikte und sichert die Planungsqualität. Es gilt als *Single Source of Truth*, da es eine zentrale und verlässliche Informationsquelle darstellt. Es enthält jedoch keine Bearbeitungsrechte für einzelne Fachbereiche, sondern dient primär zur Prüfung, Abstimmung und Visualisierung. Der BIM-Koordinator überwacht die Qualität der eingereichten Fachmodelle, prüft die Einhaltung der Standards und führt eine Kollisionsprüfung durch, um Überschneidungen oder Konflikte zwischen Gewerken zu identifizieren und zu beheben (vgl. ebd.).

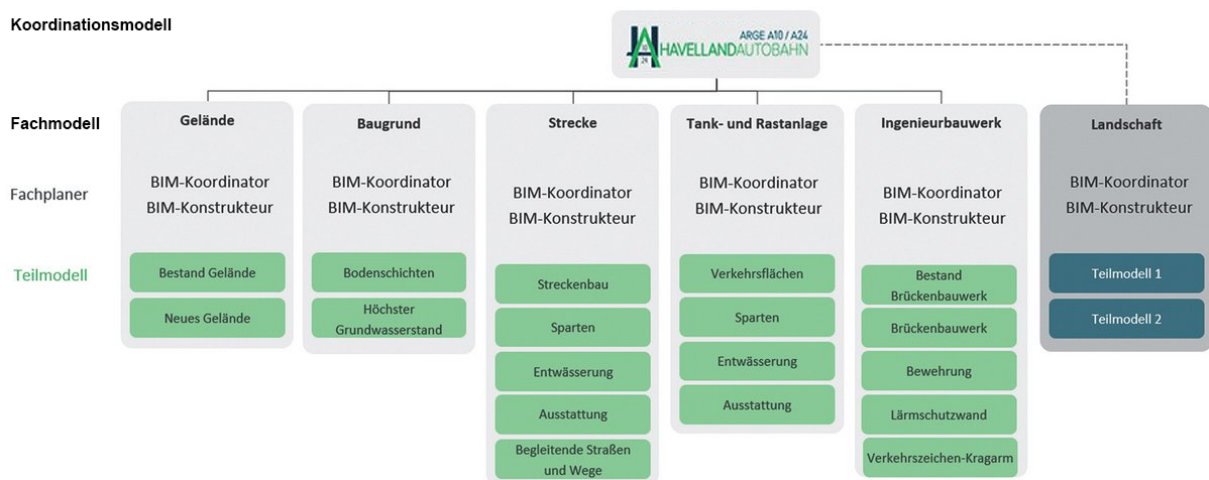


Abb. 7: ARGE Havellandautobahn A10/A24. Erweiterung der bestehenden Fachmodelle durch das Fachmodell Landschaft Freianlage. (In Anlehnung an Brückner 2020)

In einigen Quellen, wie dem Buch *BIM-Datenmanagement in Theorie und Praxis* von bSD (vgl. Fieberg 2022: 19 f.) und der Grafik *ARGE Havellandautobahn A10/A24* (siehe Abb. 7), wird das digitale Geländemodell (*DGM*) als eigenständiges Fachmodell aufgeführt. Diese Einordnung ergibt insbesondere dann Sinn, wenn das *DGM* primär als Grundlage für andere Gewerke dient, wie beispielsweise im Straßenbau, wo präzise Geländedaten die Basis für Verkehrswegeplanung bilden und in der Landschaftsplanung keine grundlegenden Geländemodellierungen vorgenommen werden. Innerhalb der Freiraumplanung ist die Situation jedoch komplexer: Hier sind das *DGM* und das Teil-Fachmodell *Freianlagen* durch die Entwässerungs- sowie Höhenplanung eng miteinander verzahnt und können nicht isoliert betrachtet werden.

Ob das Geländemodell als separates Fachmodell geführt oder in das Fachmodell *Landschaft und Freianlagen* integriert wird, sollte auf Grundlage der Projektanforderungen und Arbeitsabläufe entschieden werden. Dabei ist eine klare Definition der Modellstruktur und Verantwortlichkeiten im *BIM-Abwicklungsplan (BAP)* sowie den *Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA)* essenziell, um Missverständnisse zu vermeiden und einen reibungslosen Planungsprozess sicherzustellen. Insbesondere Belange des Regenwassermanagements, die potenziell außerhalb des unmittelbaren Fachbereichs liegen, erfordern eine genaue Abgrenzung der Zuständigkeiten. Hierbei muss festgelegt werden, welche Aspekte bereits durch das Fachmodell *Landschaft und Freianlagen* abgedeckt werden und welche zusätzlichen Fachmodelle oder Datenquellen erforderlich sind, um Lücken zu schließen.

Ein wichtiger Anstoß für die Weiterentwicklung der BIM-Methodik in der Landschaftsarchitektur ergibt sich aus der weiterhin unvollständigen Standardisierungsarbeit des *bSD* (siehe Abb. 6). Diese Vorstandardisierung deckt bisher nicht alle Anwendungsfälle ab, nennt jedoch explizite Vorschläge für zukünftige Einsatzbereiche:

„Für weitere Aufgaben im Bereich Freianlagen sind zukünftig Anwendungsfälle mit passenden Merkmalsgruppen zu definieren oder weiterzuentwickeln. Dazu zählen unter anderem die Bepflanzung inklusive der Gebäudebegrünung sowie die Entwässerung und das Regenwassermanagement.“ (Brückner/Pietsch 2024: 18)

Die Aufforderung zur weiteren Definition von Merkmalsgruppen für das Regenwassermanagement steht in direktem Zusammenhang mit den Forschungsfragen dieser Arbeit, insbesondere hinsichtlich der Integration und Nutzung von Klimadaten innerhalb der BIM-Methodik. Eine präzise Definition dieser Merkmalsgruppen ermöglicht die direkte Integration und Auswertung von Niederschlagsdaten im Fachmodell und bildet somit die Grundlage für die modellbasierte Durchführung des Überflutungsnachweises. Durch die Definition spezifischer Eigenschaften für Einzugsräume oder Versickerungsanlagen können planerische Maßnahmen direkt geprüft und komplexe Zusammenhänge frühzeitig erkannt werden, was den Planungsprozess effizienter und nachhaltiger gestalten kann. Die Definition dieses Anwendungsfalls und der benötigten Merkmalsgruppen ist entscheidend, um eine standardisierte Basis für die modellbasierte Entwässerungsplanung und das Regenwassermanagement zu schaffen. Für die Umsetzung eines solchen Anwendungsfalls, wie sie beispielhaft im Rahmen dieser Masterarbeit durchgeführt wurde, liefert das Teil-Fachmodell *Freianlagen* eine entscheidende strukturelle Grundlage.

2.2 Der Überflutungsnachweis

Bei der Planung von Freianlagen durch Landschaftsarchitekten sind stets Aufgaben zur Modellierung und Befestigung der Oberflächen eingeschlossen. Dies führt kontinuierlich zu Fragen und Anforderungen hinsichtlich der Ableitung von Regenwasser (vgl. Kirsten/Pfrommer 2020: 7). Dank ihres gestalterischen und ökologischen Fachwissens können Landschaftsarchitekten gezielte Lösungen für das Regenwassermanagement entwickeln und umsetzen (vgl. ebd.). Wenn das Grundstück als Gesamtheit betrachtet wird, besteht auch die Möglichkeit, Überflutungsrisiken, die von Gebäuden oder anderen Objekten ausgehen, in die Planung von freiraumplanerischen Rückhaltemaßnahmen wie Mulden, Senken oder Rigolen einzubeziehen (vgl. ebd.).

„Der Nachweis des Überflutungsvolumens auf dem Grundstück geht deshalb über die reine Berechnung hinaus, er ist eine freiraumplanerische Aufgabe, die in der Regel nicht von anderen Fachingenieuren erfüllt werden kann.“ (ebd.: 11)

Für die Durchführung des Überflutungsnachweises werden dabei die aktuellen Vorgaben und Richtlinien der *DIN 1986-100* sowie der Arbeitsblätter der *Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA)* herangezogen. Deren Berechnung basiert wiederum auf den Niederschlagsdaten des *DWD* (vgl. ebd.: 6). Beide werden daher im Folgenden dargelegt und hinsichtlich ihrer Relevanz für die modellbasierte Berechnung des Überflutungsnachweises analysiert.

2.2.1 Relevante Niederschlagsdaten (KOSTRA-DWD)

Der *Deutsche Wetterdienst (DWD)* ist eine Bundesoberbehörde im Zuständigkeitsbereich des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr. Als nationaler meteorologischer Dienst Deutschlands fungiert er als zentrale Institution zur Erfassung, Überwachung und Bereitstellung von Wetter- und Klimadaten. Gegründet im Jahr 1952, erfüllt der *DWD* eine Vielzahl gesetzlicher Aufgaben, darunter die Erstellung von Wettervorhersagen, die Warnung vor wetterbedingten Gefahren sowie

die langfristige Klimaüberwachung und -bewertung. Damit leistet er wesentliche Beiträge zur öffentlichen Sicherheit, indem aktuelle Wetterdaten und -analysen für spezielle Nutzergruppen wie die Luftfahrt, die Landwirtschaft und den Katastrophenschutz bereitgestellt und diese in Notfällen frühzeitig gewarnt werden (vgl. Kirsche 2022: 6 f.).

Eine der Grundlagen für die Arbeit des *DWD* ist das flächendeckende Messnetz, das über 180 hauptamtliche Wetterwarten und rund 1.750 ehrenamtlich betreute Messstationen umfasst. Zusätzlich nutzt der *DWD* 18 Wetterraddargeräte und Daten meteorologischer Satelliten, die eine nahezu lückenlose Wetterüberwachung in Deutschland ermöglichen. Diese Infrastruktur wird ergänzt durch ein Großrechenzentrum, das die Datenverarbeitung und -speicherung übernimmt. Die so gewonnenen Daten sind im *Climate Data Center (CDC)* verfügbar und bieten eine wertvolle Datenbasis für Fachleute aus Forschung, Planung und weiteren Anwendungsbereichen (vgl. ebd.: 4 f.).

Im Rahmen seiner klimatischen Aufgaben entwickelt und betreibt der *DWD* zudem spezialisierte Datensätze, die als Entscheidungsgrundlage für verschiedenste Planungsbereiche dienen, darunter die Starkniederschlagsdaten der *KOSTRA-DWD-Reihe* – die „Koordinierte Starkniederschlagsregionalisierung und -auswertung des *DWD*“. Sie bildet einen umfassenden Datensatz zur Analyse und Regionalisierung von Starkniederschlägen in Deutschland. Seit über 30 Jahren arbeitet der *DWD* regelmäßig an der Aktualisierung dieser Daten, um zuverlässige Informationen zu Niederschlagshöhen und -spenden in Abhängigkeit von Niederschlagsdauer und Wiederkehrintervall bereitzustellen (vgl. Deutscher Wetterdienst 2023).

Die *KOSTRA-DWD-Daten* bieten Informationen zu Niederschlagshöhen (mm) und -spenden ($l/(s \cdot ha)$), die für Dauerstufen von 5 Minuten bis 7 Tage und Jährlichkeiten von einem bis zu hundert Jahren berechnet wurden. Die Ergebnisse werden auf ein deutschlandweites Raster von 25 km² pro Rasterfeld übertragen und bieten eine präzise Grundlage für die Bewertung von Starkregenereignissen und die Planung von Entwässerungssystemen. Dies ermöglicht eine zuverlässige Einschätzung der Nieder-

schlagshöhe sowie ihrer Wiederkehrwahrscheinlichkeit bei Starkregenereignissen – ein entscheidender Faktor zur Beurteilung und Planung von Maßnahmen gegen potenzielle Schäden durch extreme Niederschläge. (vgl. ebd.).

Bei der Anwendung der *KOSTRA-DWD-Daten* ergeben sich jedoch Unsicherheiten aus Faktoren wie der hohen zeitlichen und räumlichen Variabilität des Niederschlags, Messgenauigkeiten, Unsicherheiten bei der Digitalisierung historischer Daten sowie methodischen Schwächen in der statistischen Auswertung. Diese Unsicherheiten nehmen zu, je seltener ein Starkregenereignis statistisch erwartet wird. Während frühere *KOSTRA-Versionen* allgemeine Toleranzbereiche auswiesen, stehen mittlerweile individuelle, standortbezogene Unsicherheitsbereiche zur Verfügung. Diese sind jedoch nicht als Sicherheitszuschlag für zukünftige Klimaentwicklungen geeignet, sondern können zur Untersuchung verschiedener Planvarianten genutzt werden (vgl. Thomas Junghänel, et al. 2023: 6).

Zur Bestimmung der Berechnungsregenspenden gemäß *DIN 1986-100* sind die Werte aus den *KOSTRA-DWD-Daten* heranzuziehen, die für jeden spezifischen Standort abgeleitet werden können. Die Auswahl des Standorts erfolgt entweder anhand des Ortsnamens oder der Koordinaten des Projekts unter Verwendung der *Universale-Transversale-Mercator-Projektion (UTM)* oder geodätischer Koordinaten. Das entsprechende *KOSTRA-Rasterfeld* kann somit präzise für den Standort des Projekts identifiziert werden. Die Norm gewährleistet damit eine einheitliche und georeferenzierte Auswahl der Niederschlagsmengen, was für eine verlässliche Planung von Entwässerungssystemen essenziell ist (vgl. DIN 1986-100 2016: 59). In dieser Arbeit erfolgt die Festlegung des *KOSTRA-Rasterfelds* daher über die Koordinaten des Referenzprojekts im georeferenzierten Fachmodell, um die maßgebenden Berechnungsregenspenden zuverlässig bestimmen zu können.

2.2.2 Überflutungsnachweis nach DIN 1986-100

Mit der Überarbeitung der *DIN 1986* im März 2002 wurde für Freianlagen mit mehr als 800 Quadratmeter abflusswirksamer Fläche die Vorlage eines Überflutungsnachweises verpflichtend eingeführt. Ziel dieses Nachweises ist es, die Sicherheit gegen Überflutungen zu gewährleisten oder, falls nötig, kontrollierte und schadlose Überflutungsbereiche zu definieren (vgl. ebd.: 83).

Die *DIN 1986-100* bietet standardisierte Vorgaben für die Konzeption, Errichtung, Nutzung und Instandhaltung von Anlagen zur Ableitung von Abwasser in Gebäuden und auf Freianlagen. Diese technischen Anforderungen entsprechen gemäß der *DIN 1986-100* dem aktuellen Stand der Technik und sind bei der Planung und Umsetzung von Grundstücksentwässerungssystemen verbindlich einzuhalten (vgl. Kirsten/Pfrommer 2020: 5).

Unter der Verwendung der *KOSTRA-DWD-Niederschlagsdaten* ist sicherzustellen, dass bei Starkregenereignissen mit einer Regendauer von fünf Minuten und einer Wiederkehrhäufigkeit von mindestens 30 Jahren das anfallende Niederschlagswasser schadlos auf dem Grundstück zurückgehalten wird. Die Leitungen für die Entwässerung von Grundstücken sind normalerweise darauf ausgelegt, den zweijährigen Bemessungsregen von fünf Minuten Dauer abzuleiten. Bei stärkeren Regenereignissen besteht das Risiko von Rückstau und Überflutungen (vgl. DIN 1986-100 2016: 84).

Ein zentraler Aspekt des Überflutungsnachweises ist daher die Berechnung des benötigten Rückhaltevolumens, also der Differenz zwischen der bei einem 30-jährigen Starkregenereignis anfallenden Regenwassermenge und der Kapazität der Grundstücksentwässerung. Wenn die befestigten Flächen des Grundstücks jedoch zu mehr als 70 Prozent aus Dachflächen und nicht überflutbaren Bereichen, wie z. B. Innenhöfen, bestehen, ist der Überflutungsnachweis für eine 100-jähriges Starkregenereignis von fünf Minuten Dauer zu prüfen (vgl. ebd.).

Diese Berechnung erfolgt in der Regel nach Gleichung 20 aus der *DIN 1986-100*:

$$V_{\text{Rück}} = \left(r(D, n) \cdot A_{\text{ges}} - \left[r(D, 2) \cdot A_{\text{Dach}} \cdot C_{s, \text{Dach}} + r(D, 2) \cdot A_{\text{FaG}} \cdot C_{s, \text{FaG}} \right] \right) \cdot D \cdot \frac{60}{10.000 \cdot 1.000}$$

Hierbei sind:

- $V_{\text{Rück}}$ zurückzuhaltende Regenwassermenge, in m³
- $r_{D(n)}$ Regenspende für die Dauerstufe D und Wiederkehrhäufigkeit n (KOSTRA-DWD), in l/(s·ha)
- D kürzeste maßgebende Regendauer (KOSTRA-DWD), in Minuten
- n statistische Wiederkehrhäufigkeit (KOSTRA-DWD), in Jahren
- C_s Spitzenabflussbeiwert (gemäß Tabelle 9 der DIN 1986-100)
- A_{ges} gesamte Gebäudedachfläche, in m²
- A_{Dach} gesamte befestigte Außenfläche, in m²
- A_{FaG} gesamt befestigte Grundstücksfläche, in m²

Die Festlegung von Einzugsräumen in zusammenhängenden Einzugsgebieten innerhalb des Grundstücks spielt hierbei eine entscheidende Rolle. Diese zusammenhängenden Einzugsräume definieren die Flächen, welche das Regenwasser beispielsweise über Rinnen oder Punkteinläufe gezielt zu einzelnen Entwässerungsanlagen leiten. Für jedes Einzugsgebiet wird die anfallende Wassermenge auf Basis der *KOSTRA-DWD-Daten* berechnet (vgl. ebd.: 83). Auf diese Weise kann nachgewiesen werden, dass das anfallende Regenwasser schadlos auf dem Grundstück zurückgehalten werden kann, bis das überschüssige Regenwasser kontrolliert über die Grundstücksentwässerung abgeleitet wird. Das kann durch freiraumplanerische Maßnahmen wie die Profilierung von Flächen, die Anlage von Mulden, Hochborden oder Rückhaltebecken erfolgen. Alternativ können unterirdische Speicher- oder Versickerungsanlagen wie Stauraumkanäle oder Rigolen nach *DWA-A 117* und *DWA-A 138-1* verwendet werden. Entscheidend ist, dass diese Maßnahmen zum Rückhalten von Regenwasser so ausgeführt werden, dass keine Gefahren für Menschen, Tiere oder Sachwerte entstehen. Insbesondere müssen Funktionsstörungen, wie die Überflutung unterirdischer Einrichtungen (z. B. Keller), zuverlässig verhindert werden (vgl. ebd.: 84).

2.2.3 Bemessung von Anlagen nach DWA-A 117 und DWA-A 138-1

Für die Planung von Rückhalte- und Versickerungsanlagen sind die DWA-Arbeitsblätter *A 117* und *A 138-1* der *DWA* maßgebend. Während der Überflutungsnachweis gemäß *DIN 1986-100* geregelt wird und ausschließlich auf die kurzfristige Rückhaltung von oberflächlich anfallendem Regenwasser und dessen Ableitung in ein standardisiertes Entwässerungssystem abzielt, legen die DWA-Arbeitsblätter den Fokus auf die Dimensionierung von Anlagen zur Drosselung, Rückhaltung und Versickerung von Niederschlagswasser (vgl. Kirsten/Pfrommer 2020: 13).

Das Arbeitsblatt *DWA-A 117*, „Bemessung von Regenrückhalteräumen“, behandelt dabei die Drosselung von Regen- und Mischwasser, das in öffentliche Kanalnetze eingeleitet wird. Ziel solcher Maßnahmen ist der Schutz von Vorflutern vor Überlastung sowie die Schonung ihrer Kapazitäten. Behörden fordern zunehmend die Anwendung von Abflusssdämpfungen oder temporären Rückhaltungen, um die Ableitungsmengen zu reduzieren. Die Dimensionierung dieser Regenrückhalteanlagen erfolgt gemäß den Vorgaben des *DWA-A 117* und fällt in den Aufgabenbereich der Fach- und Objektplanung (vgl. ebd.: 6).

Das Arbeitsblatt *DWA-A 138-1*, „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“, widmet sich hingegen der Versickerung von Oberflächenwasser. Statt Niederschlagswasser direkt in Vorfluter einzuleiten, wird hier die Rückführung in den natürlichen Wasserkreislauf durch Versickerung oder Verdunstung priorisiert. Auch diese Planungs- und Berechnungsaufgaben unterliegen der Fach- und Objektplanung und benötigen eine strukturierte Organisation der Verantwortlichkeiten (vgl. ebd.: 7). Daher ist eine präzise Definition der Zuständigkeiten im *BAP* sowie in den *AIA* zwingend erforderlich.

Die Versickerungsleistung der Anlage ist dabei von der spezifischen Infiltrationsrate des vorliegenden Bodens abhängig. Deshalb muss die Dimensionierung von Versickerungsanlagen iterativ auf Grundlage der örtlichen Bodenverhältnisse und Niederschlagsmengen berechnet werden, um eine effektive Ableitung und

Versickerung des Niederschlagswassers sicherzustellen. (vgl. DWA-A 138-1 2024: 48). Die Infiltrationsrate sollte hierbei idealerweise durch Vor-Ort-Versuche präzise ermittelt werden, da örtliche Einflüsse wie Bodenstruktur und Verdichtung die Durchlässigkeit erheblich variieren können. Zusätzlich müssen Annahmen über Änderungen der Infiltrationsrate während der Betriebszeit berücksichtigt werden. Unsicherheiten und lokale Einflüsse können durch einen Zuschlagsfaktor in der Berechnung abgebildet werden (vgl. ebd.: 45).

Ein Überflutungsnachweis im Sinne der *DIN 1986-100* ist dabei auch für diese Anlagen erforderlich, wenn die Summe aller abflusswirksamen Flächen des Grundstücks 800 Quadratmeter überschreitet. Hierbei sollten gegebenenfalls auch abflussrelevante, unbefestigte Flächen in die Überflutungsbetrachtung einbezogen werden (vgl. ebd.: 50). Die entsprechenden Regelwerke machen hierzu jedoch unterschiedliche Vorgaben und definieren keine einheitlichen Kriterien (vgl. DIN 1986-100 2016: 59; siehe Anhang 4.1: Abschn. 7). Es reicht dabei nicht mehr aus, lediglich die Differenz zwischen zwei Starkregenereignissen zu betrachten, da bei Versickerungsanlagen vielmehr die Versickerungsleistung sowie das Speichervolumen und die daraus resultierenden Anstaumengen des Regenwassers innerhalb der Versickerungsanlage entscheidend sind (vgl. DWA-A 138-1 2024: 49 f.).

Die Ermittlung der maßgebenden Niederschlagsmenge erfolgt daher ebenfalls iterativ, indem die verschiedene Dauerstufen und die jeweils zugehörige Regenspende der *KOSTRA-DWD-Daten* betrachtet und mit dem Speichervolumen sowie der Versickerungsleistung der Versickerungsanlage ins Verhältnis gesetzt werden (siehe Gl. 10). Die zurückzuhaltende Regenwassermenge wird entsprechend der festgelegten Schutzkategorie nach Tabelle 8 des *DWA-A 138-1* berechnet, wobei in der Regel statistisch eine 30-jährige Wiederkehrhäufigkeit eines Starkregenereignisses für Versickerungsanlagen zugrunde gelegt wird (vgl. ebd.: 50).

Die Berechnung erfolgt gemäß Gleichung 10 des DWA-A 138-1:

$$V_{Rück} = \left(\frac{r(D, n) \cdot \left(\sum_{i=1}^n (A_{E,b,a} \cdot C_s) + A_{VA} \right)}{10.000} - (Q_s + Q_{Dr}) \right) \cdot \frac{D \cdot 60}{1.000} - V_{VA} \geq 0$$

- $V_{Rück}$ zurückzuhaltende Regenwassermenge, in m³
- $r_{D(n)}$ Regenspende für die Dauerstufe D und Wiederkehrhäufigkeit n, in l/(s·ha)
- D kürzeste maßgebende Regendauer, in Minuten
- n statistische Wiederkehrhäufigkeit, in Jahren
- C_s Spitzenabflussbeiwert (gemäß Tabelle 9)
- $A_{E,b,a}$ befestigte, angeschlossene Fläche im Einzugsgebiet, in m²
- A_{VA} übereignete Fläche einer oberirdischen Versickerungsanlage, in m²
- Q_s Versickerungsleistung, in l/s
- Q_{Dr} mittlerer Drosselabfluss, in l/s
- V_{VA} Erforderliches Speichervolumen der Versickerungsanlage, in m³

2.2.4 Überflutungsnachweis in der Praxis

Die Bemessung von Versickerungsanlagen basiert auf der Grundlage der Bemessungsansätze des Arbeitsblatts *DWA-A 117*. Dabei kann entweder ein *Einfaches Verfahren* (statistische Niederschlagsauswertungen) oder ein *Nachweisverfahren* (Langzeitsimulation von Niederschlag und Abfluss) verwendet werden. Das *Einfache Verfahren* ist für dezentrale Anlagen üblich, sofern die folgenden Bedingungen erfüllt und nachgewiesen werden (vgl. ebd.: 37):

- **Maximale Größe des Einzugsgebiets:**
200 ha oder Fließzeit zur Anlage ≤ 15 Minuten
- **Überschreitungshäufigkeit:**
 $n \geq 0,1/a$ (bzw. Wiederkehrperiode $T_n \leq 10$ Jahre)
- **Mindest-Versickerungsleistung:**
 $q_S \geq 2 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)}$
- **Regenhäufigkeit:**
Bemessungshäufigkeit entspricht der tatsächlichen Regenhäufigkeit

Der Überflutungsnachweis wird in der aktuellen Praxis häufig zwischen LP 2 und LP 5 erstellt, zumeist noch vor der Erteilung der Baugenehmigung. Die Berechnung des Überflutungsnachweises sowie die Dimensionierung entsprechender Anlagen werden dabei oft von Landschaftsarchitekten an spezialisierte Ingenieurbüros ausgelagert. Die angewandte Methodik orientiert sich dabei an den Arbeitsblättern des *DWA* und der *DIN 1986-100*, abhängig davon, ob das anfallende Regenwasser vor Ort versickert oder in das öffentliche Kanalnetz eingeleitet wird (vgl. Müller, Kirsten, persönliche Korrespondenz, 17.01.2025, siehe Anhang 4.1: Abschn. 2). Für jedes Entwässerungselement, wie beispielsweise Mulden oder Rigolen, wird ein Überflutungsvolumen berechnet. Bei ebenen Flächen wird die potenzielle Überflutungsfläche nur abgeschätzt. Diese ersten Berechnungen dienen als grobe Planungsgrundlage. Eine präzisere Modellierung und Berechnung der Überflutungsflächen erfolgen in der Praxis in den meisten Fällen nicht. Stattdessen wird häufig nur das berechnete Volumen angegeben und, falls als ausreichend bewertet, als Grundlage für die Planung verwendet (vgl. ebd.: Abschn. 10).

Der Datenaustausch zwischen Landschaftsarchitekten und Ingenieurbüros ist dabei häufig sehr ineffizient. Die Verwendung unterschiedlicher Planstände sowie die unklare Kennzeichnung von Einzugsgebieten tragen zusätzlich zur Verwirrung bei. Eine unzureichende Definition der Flächen erschwert die Berechnung des Überflutungsnachweises und kann zu fehlerhaften Ergebnissen führen. Dies wiederum bringt eine mangelnden Flexibilität bei Variantenuntersuchungen mit sich, da Änderungen im Planungsprozess häufig mit erheblichem Mehraufwand verbunden sind (vgl. Ristenpart, Erik, persönliche Korrespondenz, 17.01.2025, siehe Anhang 4.1: Abschn. 3). Darüber hinaus mangelt es oft an einer verständlichen Visualisierung und einer effektiven Kommunikation der Ergebnisse. Der Überflutungsnachweis wird vielfach ausschließlich in Form von Zahlenwerten dargestellt, was die Nachvollziehbarkeit und Verständlichkeit für alle Beteiligten erheblich einschränkt (vgl. Müller, Kirsten, persönliche Korrespondenz, 17.01.2025, siehe Anhang 4.1: Abschn. 10).

Das *Nachweisverfahren* mit Langzeitsimulationen findet dann Anwendung, wenn das *Einfache Verfahren* nicht mehr ausreichend ist. Dies ist insbesondere bei komplexen Systemen mit hydraulischen Abhängigkeiten der Fall, beispielsweise wenn mehrere Mulden oder Rigolen miteinander verkettet sind und das Wasser zwischen diesen weitergeleitet wird. Gleiches gilt für Dachbegrünungen, die mit zusätzlichen Retentionsflächen und Drosselementen ausgestattet sind. In diesen Fällen ist der Überflutungsnachweis so anspruchsvoll, dass er im Nachweisverfahren durch Fachplanende durchgeführt werden muss und nicht mehr allein von Landschaftsarchitekten erbracht werden kann (vgl. ebd.: Abschn. 3). Der modellbasierte Überflutungsnachweis erfolgt daher im *Einfachen Verfahren* und lässt sich somit in den landschaftsarchitektonischen Entwurfsprozess integrieren.

TEIL II: VORGEHENSWEISE UND METHODIK

3 Das Teil-Fachmodell Freianlagen

In diesem Abschnitt wird erläutert, wie das Teil-Fachmodell *Freianlagen* für einen modellbasierten Überflutungsnachweis vorbereitet und angelegt wird. Vorrangiges Ziel ist es, eine verlässliche Datengrundlage zu schaffen, welche alle für den Überflutungsnachweis relevanten Informationen konsistent bereithält. Dabei steht die Vorbereitung, Erstellung und Datenintegration des Teil-Fachmodells im Fokus. Auf dieser Basis lassen sich im weiteren Verlauf fundierte Berechnungen durchführen, um das Rückhaltevolumen präzise zu ermitteln.

3.1 Vorbereitung

Wie in Punkt 2.4.1 dargelegt, ist für die Durchführung eines modellbasierten Überflutungsnachweises ein Teil-Fachmodell der Freianlagen erforderlich. Die Modellierung dieses Modells sowie die anschließende Datenindikation erfordern grundlegende Vorbereitungen und eine klare Definition der Mindestanforderungen an das *LOD* und *LOI*, um eine ausreichende Datengrundlage für den modellbasierten Überflutungsnachweis sicherzustellen. Dies setzt die Auswahl einer geeigneten Autorensoftware voraus, einschließlich spezifischer Softwaretools, die die Erstellung eines Fachmodells ermöglichen, welches die Durchführung eines modellbasierten Überflutungsnachweises erlaubt.

3.1.1 Referenzprojekt und verwendete Autorensoftware

Die Grundlage für die Erstellung des Fachmodells der Freianlage bildet ein bestehendes Landschaftsarchitekturprojekt, welches durch das Büro *STORCH.LANDSCHAFTSARCHITEKTUR* bereitgestellt wurde. Das in Dresden ansässige

Büro wurde 2004 von Dipl.-Ing. Robert Storch gegründet und ist seitdem auf die Planung und Gestaltung von Freiraum- und Stadtraumprojekten spezialisiert.

Das bereitgestellte Referenzprojekt umfasst die Freianlagenplanung einer studentischen Wohneinrichtung in der Strehlemer Straße 20 in Dresden (siehe Abb. 8). Das Grundstück hat eine Größe von knapp 5.200 Quadratmeter und befindet sich auf dem Planungsstand der LP 3. Das Projekt wurde mithilfe konventioneller Methoden in der Autorensoftware *Vectorworks* erstellt und umfasst verschiedene befestigte Flächen mit unterschiedlichen Materialien, wie beispielsweise Betonsteinpflaster, Rasengittersteine und wassergebunden Wegedecke. Darüber hinaus sind an verschiedenen Stellen Dachbegrünungen sowie eine Mulde und Rigole als Versickerungsanlage vorgesehen.



Abb. 8: Lageplan des Referenzprojekts zur Freianlagenplanung in der Strehlemer Straße 20, Dresden. (STORCH.LANDSCHAFTSARCHITEKTUR 2024)

Besonders hervorzuheben ist, dass bereits zu diesem Planungsstand ein klassischer Überflutungsnachweis im Rahmen der Dimensionierung der Rigole vorliegt. Im Zuge dieser Bearbeitung wurden alle relevanten Flächen erfasst und mit Abflussbeiwerten versehen (siehe Abb. 9). Allerdings wurde keine Einteilung der Flächen in spezifische Einzugsräume vorgenommen, was die Nachvollziehbarkeit der angeschlossenen Flächen an die Rigole erschwert. Darüber hinaus zeigt sich, dass die Dimensionierung und Verteilung der befestigten Flächen nicht mit dem aktuellen Lageplan übereinstimmen. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass sich die entsprechenden Bereiche im Laufe der Planung verändert haben, ohne dass diese Anpassungen in die Flächeneinteilung eingeflossen sind.

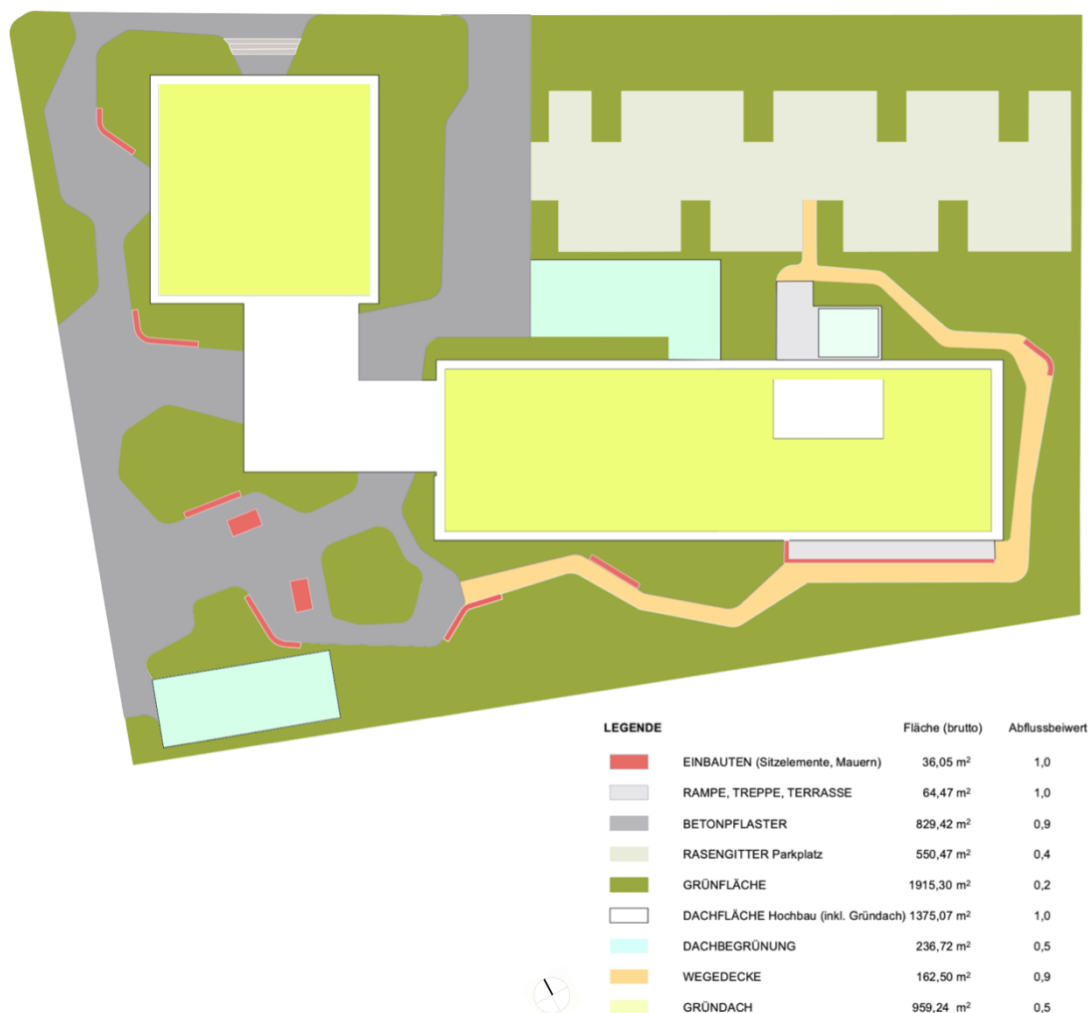
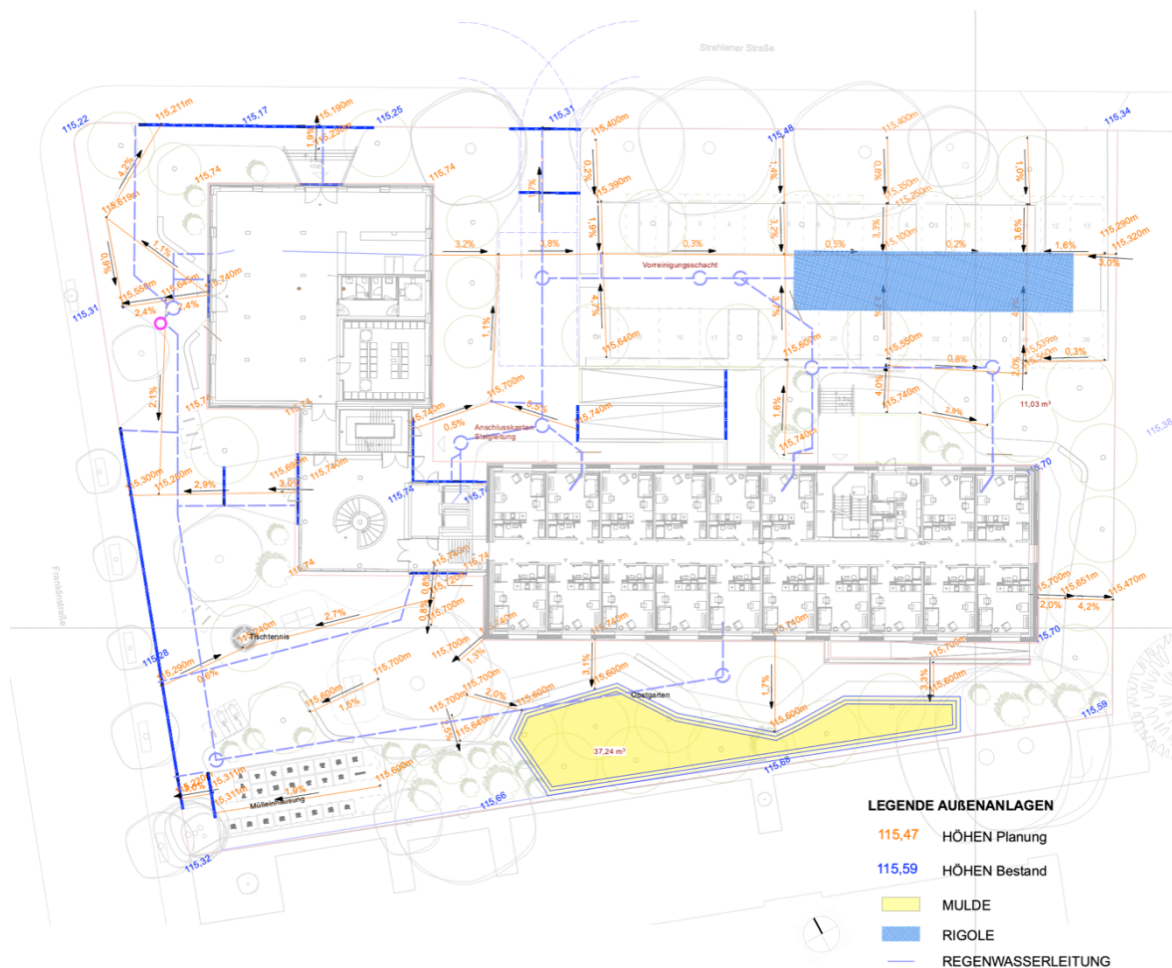


Abb. 9: Lageplan mit Zonierung der befestigten Flächen nach DIN 1986-1, Tabelle 9. (STORCH.LANDSCHAFTSARCHITEKTUR 2024)

Für eine bessere Vergleichbarkeit des klassischen- und des modellbasierten Überflutungsnachweises, wird der Planungsstand mit der Flächeneinteilung als Grundlage für die Erstellung des Fachmodells herangezogen (siehe Abb. 9). Der vorliegende Überflutungsnachweis betrachtet ausschließlich der Rigole als Versickerungseinrichtung, um das erforderliche Rückhaltevolumen zu berechnen (siehe Abb. 10; siehe Anhang 2). Im Rahmen dieser Arbeit sollen jedoch gezielt verschiedene Szenarien untersucht werden, um den Anwendungsfall umfassend zu analysieren und die entwickelten Prozesse zu validieren. Hierzu werden die definierten Flächen in der nachfolgenden Bearbeitung in unterschiedliche Einzugsgebiete unterteilt und jeweils für die verschiedenen Versickerungsanlagen sowie relevanten Rinnen einzeln betrachtet.



Dennoch konnten einige Parameter, wie der Speicherkoeffizient der Rigole (0,95), ihre Höhe (0,9 m) und Breite (5 m), die Infiltrationsrate des Bodens ($5 \cdot 10^{-6}$ m/s) sowie der verwendete Zuschlagsfaktor (1,15), unverändert aus dem Referenzprojekt übernommen werden und sind daher in dieser Arbeit als gegeben anzusehen (siehe Anhang 2.2). Dies gilt ebenso für die Positionierung der Rigole, die im Referenzprojekt bereits im Hinblick auf das anstehende Grundwasser, den Abstand zum Gebäude sowie zu Bäumen und anderen relevanten Faktoren geprüft wurde. Gleiches trifft auf die Mulde im südwestlichen Teil des Grundstücks zu (siehe Abb. 10).

Da das Projekt bereits mit *Vectorworks* erstellt und bearbeitet wurde, wird konsequent auch die weitere Modellierung und Bearbeitung mit dieser Software durchgeführt. *Vectorworks* bietet eine umfassende Auswahl an Tools, die sowohl den Hochbau als auch die Freiraumplanung abdecken. Für den Hochbau stellt das Programm klassische Bauteile wie Wände, Decken und Treppen bereit. Darüber hinaus umfasst die Software auch spezifische Werkzeuge für die Freiraumplanung, darunter befestigte Flächen, Vegetationsflächen, Stützmauern und Rampen. Die für den Anwendungsfall relevanten Funktionalitäten werden im Abschnitt 3.1.5 am Beispiel von *Vectorworks* beschrieben und geprüft, um die Möglichkeit einer effizienten Modellierung und die Durchführung eines modellbasierten Überflutungsnachweises mittels dieser Autorensoftware zu ermöglichen.

3.1.2 Mindestanforderungen an LOG

Im Zuge dieser Arbeit wird das vorhandene Projekt in ein georeferenziertes Fachmodell überführt, das die spezifischen Anforderungen an ein BIM-Modell erfüllt. Im Vordergrund steht dabei die präzise Erfassung der geometrischen Eigenschaften der relevanten Modellelemente, um sämtliche Niederschlagsmengen korrekt bestimmen zu können. Auf dieser Grundlage ergeben sich konkrete Anforderungen an das *LOG*.

Das Ziel besteht darin, die Berechnung eines Überflutungsnachweises im einfachen Verfahren direkt innerhalb des Modells zu ermöglichen. Hierfür müssen die benötigten geometrischen Daten der Modellelemente eindeutig definiert sein. Insbesondere sind die abflusswirksamen Flächen sowie die Volumina der relevanten Entwässerungsanlagen (tiefster Punkt) zu erfassen, um das erforderliche Rückhaltevolumen bestimmen zu können.

Für den modellbasierten Überflutungsnachweis ergeben sich auf der Grundlage der DWA-Arbeitsblätter die folgenden Modellelemente für das Fachmodell:

- Digitales Geländemodell (DGM)
- Überregnete Flächen der:
 - befestigten Flächen
 - Dachflächen
 - Dachbegrünung
 - Baukonstruktive Elemente (Mauern, Treppen, Rampen)
 - Einbauten (Außenmöblierung)
- Einzugsräume
- Entwässerungsanlagen (Rinne, Mulde, Rigole, Rückhaltevolumen)

Für das *LOG* bedeutet dies, dass eine einfache konzeptionelle Darstellung der Modellelemente und deren Flächen nach *LOG 200* ausreichend ist. Es wird vorausgesetzt, dass die überregneten Flächen und die Volumina der Versickerungsanlagen bereits in diesem Stadium hinreichend definiert sind (siehe Abb. 11). Daher kann *LOG 200* als Mindestanforderung für die Durchführung des modellbasierten Überflutungsnachweises festgelegt werden, wobei höhere *LOGs* eine weitergehende Präzisierung ermöglichen.

3.1.3 Mindestanforderungen an LOI

Obwohl das *LOG* auf einen geringen Detaillierungsgrad beschränkt werden kann, müssen die zugehörigen alphanumerischen Objektinformationen (*LOI*) bereits ausreichend detailliert beschrieben werden, dass die Durchführung eines Überflutungsnachweis im einfachen Verfahren ermöglicht wird.

Die hierfür benötigten alphanumerische Daten, wie der Abflussbeiwert oder die Infiltrationsrate des Bodens, sind in standardisierten *Psets* nicht enthalten und müssen für alle relevanten Modellelemente individuell angelegt werden. Im Rahmen dieser Arbeit wird dahingehend für alle zuvor definierten Modellelemente ein *Custom Pset* mit allen relevanten alphanumerischen Daten angelegt (siehe Tabelle 1). Diese Eigenschaften sind essenziell, um den Überflutungsnachweis im einfachen Verfahren gemäß *DIN 1986-100* und den Arbeitsblättern des *DWA* durchzuführen.

Für die Berechnung des modellbasierten Überflutungsnachweises müssen folgende Eigenschaften erfasst oder bestimmt werden:

- Flächengröße der angeschlossenen befestigten Flächen
- Spitzenabflussbeiwert (gemäß *DIN 1986-100*, Tabelle 9)
- Niederschlagsdaten (*KOSTRA-DWD*)
- Geometrische Eigenschaften der Entwässerungsanlagen und aller weiteren relevanten Eigenschaften nach *DWA-A 138-1*

In der erarbeiteten Attributmatrix (siehe Tabelle 1) werden alle zuvor definierten Modellelemente klassifiziert und deren erforderliche Eigenschaften für die Durchführung des vereinfachten Überflutungsnachweises zugeordnet. Eine detaillierte Erläuterung der Klassifizierung sowie der verwendeten *Entities* ist in Abschnitt 4.2.1 enthalten. Die erforderlichen Eigenschaften variieren dabei stark in Abhängigkeit von den eingesetzten Entwässerungsanlagen sowie den spezifischen Gegebenheiten. Die Berechnung des Überflutungsnachweises sowie die Dimensionierung der Versickerungsanlagen basieren im Kontext dieser Arbeit auf den folgenden Normen und Richtlinien:

- **Rinne:** nach *DIN 1986-100* (relevante Gleichung: 20)
- **Mulde:** nach *DWA-A 138-1* (relevante Gleichungen: 3, 4, 10, 14)
- **Rigole:** nach *DWA-A 138-1* (relevante Gleichungen: 3, 4, 8, 10, 17, 23)

Auf Grundlage dieser Gleichungen können die in der Attributmatrix aufgeführten Eigenschaften abgeleitet werden. Der mittlere Drosselabfluss und der Abminderungsfaktor sind hierbei nicht Bestandteil der Attributmatrix, da diese nur für Anlagen mit Drosselung relevant sind bzw. im *Einfachen Verfahren* nicht berücksichtigt werden (vgl. DWA-A 138-1 2024: 48 f.).

Die daraus resultierende Attributmatrix definiert somit das *LOI*, indem sie die Mindestanforderungen an Eigenschaften der klassifizierten Modellelemente für die Durchführung eines modellbasierten Überflutungsnachweises beschreibt. Dabei sind den Eigenschaften der jeweils benötigte Maßtyp aus dem *IfcMeasureResource-Schema* zugeordnet (vgl. buildingSMART International o. D. b). Da die verwendete Autorensoftware nicht alle diese Maßtypen unterstützt, werden auch die tatsächlich verwendeten Maßtypen aus *Vectorworks* aufgeführt. Falls der benötigte Maßtyp nicht unterstützt wird, erfolgt die Angabe der Maßeinheit für den IFC-Export direkt im Feldnamen der entsprechenden Eigenschaft innerhalb des *CPsets*.

Darüber hinaus werden die Modellelemente in Objektgruppen eingeteilt, für welche ein übergreifendes *Custom Pset* erzeugt werden kann. Die Modellelemente werden dabei um weitere Merkmale ergänzt, wie beispielsweise die Einstauhöhe der Mulde, welche für die Berechnung nicht zwingend benötigt werden, allerdings im Rahmen der Entwässerungsplanung sinnvolle Angaben darstellen und im *IFC-Export* mitgeführt werden. Darüber hinaus werden Merkmale benötigt, die eine eindeutige Zuordnung der Flächen und Rückhaltevolumina erlauben, um festzulegen, an welche Entwässerungssysteme diese angeschlossen sind (siehe Tabelle 1).

3.1.4 Erforderliche Datenbanken und Psets

Aus der in Tabelle 1 beschriebenen Attributmatrix ergeben sich die Anforderungen an die benötigten Datenbanken (siehe Tabellen 3 bis 8), welche für die Berechnung des modellbasierten Überflutungsnachweises in der verwendeten Autorensoftware erforderlich sind. Die Datenbank *DB_KOSTRA-DWD-2020_RN* wird dabei in Abschnitt *3.3 Integration der Niederschlagsdaten* ausführlich erläutert. Mithilfe dieser Datenbanken können, die in der Attributmatrix definierten Eigenschaften systematisch mit den jeweiligen Objekten verknüpft werden, um ihnen über entsprechende Formeln automatisiert Werte zuzuordnen. So wird sichergestellt, dass alle relevanten Eigenschaften und ihre Werte sowohl für die Berechnungen als auch für den Datenaustausch bereitgestellt werden.

3.1.5 Mindestanforderungen der Autorensoftware

Basierend auf der Attributmatrix ergeben sich zudem konkrete Anforderungen an die eingesetzten Softwaretools der Autorensoftware und die damit erzeugten Objekte, welche in Tabelle 2 festgehalten sind. Die Software muss in der Lage sein, Modellelemente präzise zu modellieren und deren geometrische Informationen effizient auszulesen. Dadurch sollen die abflusswirksamen Flächen, die darauf anfallenden Niederschlagsmengen sowie die Volumina der Entwässerungsanlagen zuverlässig und möglichst benutzerfreundlich ermittelt werden können.

Somit werden in Tabelle 2 für alle zuvor definierten Modellelemente spezifische Anforderungsprofile für die Erstellung eines modellbasierenden Überflutungsnachweis innerhalb von *Vectorworks* formuliert, die als Grundlage für die Auswahl eines geeigneten Software-Tools dienen. Anders als in rein geometrischen 3D-Modellen werden hierfür sogenannte *intelligente Objekte* herangezogen, welchen in *Vectorworks* bereits spezifische Eigenschaften (*Psets*) zugewiesen werden können und eine vereinfachte Modellierung der Objekte erlauben. So bieten spezifische Werkzeuge, wie beispielsweise das *Belag/Weg-Tool* die Möglichkeit befestigte Flächen

und deren Aufbau sehr einfach zu modellieren und anzupassen, was ohne dieses Tool nur mit erhöhtem Aufwand möglich wäre.

Ausschlaggebend für den modellbasierten Überflutungsnachweis ist die Auswahl von Tools, welche die Generierung von Objekten ermöglichen, deren Oberflächen direkt abgefragt werden können, um deren abflusswirksamen Flächen zu bestimmen. Für jedes benötigte Modellelement wird das am besten geeignete Tool für die weitere Modellierung herangezogen. Dies entspricht der etablierten Praxis, Modellelemente durch alternative Methoden darzustellen, wenn spezifische *Entities* für diese Objekte fehlen. (vgl. Brückner et al. 2019: 134).

Dabei werden ausschließlich die Anforderungen für die Durchführung eines Überflutungsnachweis im *Einfachen Verfahren* berücksichtigt. Der Fokus liegt auf der Modellierung der benötigten Modellelemente mithilfe der in der gewählten Autorensoftware verfügbaren Tools, sodass sie das definierte Anforderungsprofil bestmöglich erfüllen. Zudem wird überprüft, welches maximale *LOG* mit den verfügbaren Werkzeugen der Software erreicht werden kann.

Falls für Modellelemente keine spezifischen Tools vorhanden sind, wird auf alternative Tools zurückgegriffen, welche ebenfalls das Anforderungsprofil bestmöglich erfüllen. Wenn keine geeigneten Tools für die Erstellung eines Modellelements in Frage kommen, müssen individuelle Symbole entwickelt werden. Diese verbinden ein frei modelliertes dreidimensionales Objekt mit dessen zweidimensionalen Abbild, um weiterhin die Ausgabe eines zweidimensionalen Lageplans zu ermöglichen. Dieser Ansatz ist jedoch in der Regel mit einem hohen Aufwand verbunden. Zudem ist die automatisierte Ausgabe der geometrischen Informationen stark eingeschränkt, weshalb diese gegebenenfalls manuell in den alphanumerischen Daten ergänzt werden müssen (siehe Tabelle 2).

3.2 Erstellung des Teil-Fachmodells Freianlagen

Die Erstellung von Modellelementen wie dem *DGM* und den zuvor definierten Objekten zur Bestimmung der überregneten Flächen mithilfe gängiger Softwaretools ist bereits umfassend durch vorhandene Literatur sowie Tutorials des Softwareherstellers beschrieben und wird daher in dieser Arbeit nicht weiter erläutert (vgl. ComputerWorks GmbH o. D. a). Das daraus erzeugte Fachmodell, das sowohl die Objekte der überregneten Flächen als auch die darauf basierende Höhenplanung umfasst, bildet die Grundlage für das weitere Vorgehen (siehe Abb. 11). Dazu gehören auch die Dachflächen und damit das Gebäude des betrachteten Projekts. Aus diesem Grund wurde das Gebäude ebenfalls – wenn auch nur schematisch – modelliert. Unter realen Bedingungen würde es durch das Fachmodell der Architekten repräsentiert und wäre kein Bestandteil des Fachmodells *Landschaft und Freianlagen*.

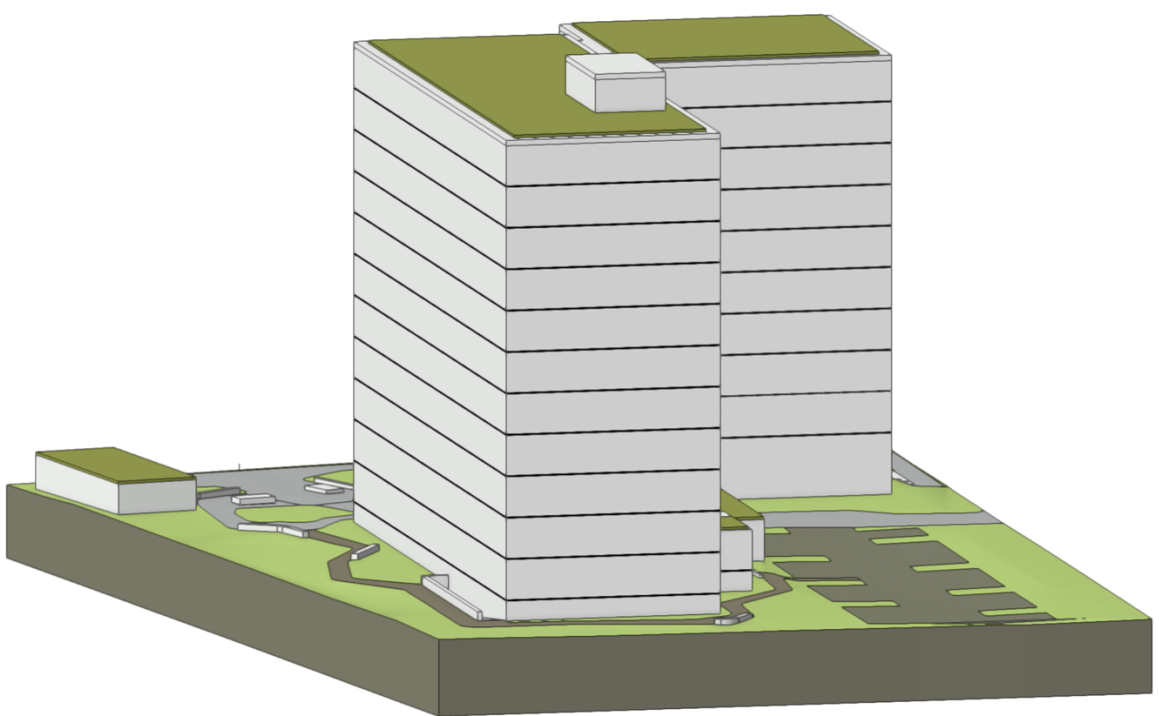


Abb. 11: Schematische Darstellung des Gebäudes und des Teil-Fachmodells "Freianlagen" in Vectorworks. (Eigene Darstellung, Vectorworks 2024)

Ein zentrales Element für das weitere Vorgehen stellen insbesondere die Einzugsräume dar. Derzeit existiert jedoch kein spezifisches Tool zur Erstellung von Einzugsräumen mit automatisierter Erfassung der Daten der im Raum befindlichen überregneten

Flächen für die Landschaftsarchitektur. Somit müssen diese Elemente durch ein alternatives Tool erzeugt und die Informationen manuell übertragen werden. Im Rahmen dieser Arbeit werden daher die alphanumerischen Daten direkt in den Datensätzen der Einzugsräume hinterlegt, um die modellbasierte Berechnung des Überflutungsnachweises zu ermöglichen.

Im weiteren Vorgehen werden verschiedene Ansätze zur Modellierung und Integration von Modellelementen am Beispiel der Entwässerungsanlagen vorgestellt. Hierbei werden exemplarisch drei unterschiedliche Methoden aufgezeigt: die Nutzung von herstellerspezifischen Datensätzen am Beispiel der Rinnen, die Anwendung eines alternativen Tools zur Erstellung der Rigole sowie die Verwendung von eigenen Symbolen am Beispiel der Mulde. Diese Elemente bilden die Grundlage für die nachfolgende modellbasierte Berechnung des Überflutungsnachweises.

Bevor dies umgesetzt werden kann, ist zunächst die Anlage und Strukturierung der zuvor definierten Datenbanken erforderlich (siehe Tabelle 3 bis 8), um eine konsistente und zuverlässige Verknüpfung der alphanumerischen Daten mit den Modellelementen sicherzustellen.

3.2.1 Anlegen und Verwalten der benötigten Datenbanken

Die in Tabelle 3 bis 8 beschriebenen Datenbanken können problemlos im Zubehör-Manager von *Vectorworks* angelegt werden. Diese Datenbanken werden anschließend mit den entsprechenden Objekten im Modell verknüpft, was entweder manuell – indem die Datenbank einem Objekt zugewiesen wird – oder automatisiert geschieht – indem ganze Objekttypen oder Klassen über den Datenmanager mit den benötigten Datenbanken verknüpft werden. Der Datenmanager in *Vectorworks* ermöglicht die zentrale Verwaltung und Zuordnung von Daten zu Objekten im Modell und ist über das Menü „Extras“ aufrufbar.

Die klar strukturierte Benutzeroberfläche des Datenmanagers gewährleistet eine intuitive, effiziente und übersichtliche Datenverwaltung innerhalb von *Vectorworks* und ist entscheidend für das weitere Vorgehen. Die Benutzeroberfläche des Datenmanagers gliedert sich in drei Hauptbereiche (siehe Abb. 13). Der linke Bereich, die Objektliste, zeigt alle verfügbaren Objekttypen, Symboldefinitionen und Klassen an, die für Datenzuweisungen ausgewählt werden können. Im mittleren Bereich werden Zuordnungen zu Datenbanken und IFC-Daten verwaltet, indem Datenquellen hinzugefügt, Zuordnungen definiert und Bedingungen festgelegt werden. Der rechte Bereich dient der Erstellung und Bearbeitung von Datensets, die in der Infopalette für die ausgewählten Objekttypen angezeigt werden. Hier können Datenfelder hinzugefügt, Beschriftungen angepasst und die Sichtbarkeit der Felder gesteuert werden. Diese Datensets werden anschließend in der Infopalette unter dem Reiter „Daten“ der jeweiligen Objekte dargestellt und ermöglichen sowohl das Auslesen als auch Eintragen von Informationen aus den Datenfeldern (siehe Abb. 15). Sie fungieren somit als zentrale Schnittstelle für die Datenverwaltung der einzelnen Objekte.

3.2.2 Modellierung und Verknüpfung der Einzugsräume

Derzeit bietet *Vectorworks* kein spezifisches Tool zur Erstellung von Einzugsräumen, welches das zuvor definierte Anforderungsprofil erfüllt. Aufgrund dessen muss zur Erstellung dieses Modellelements auf ein alternatives Tool zurückgegriffen werden, in welches die benötigten Informationen manuell zu übertragen sind. Im Folgenden wird daher die Modellierung der Einzugsräume und deren Verknüpfung mit der Datenbank *DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen* am Beispiel des intelligenten *Raum-Objekts* erläutert.

Das intelligente *Raum-Objekt* ist primär für die Architektur konzipiert, wo es zur automatischen Erzeugung von Raumflächen und -volumina zwischen geschlossenen Wänden verwendet wird. Diese dienen der Berechnung von Raumgrößen und können mit Daten wie Raumname, Ausbau und Maßen verknüpft werden. Für die Anwendung

in der Landschaftsarchitektur, insbesondere zur Modellierung von Einzugsräumen, müssen die *Raum-Objekte* jedoch manuell als Rechteck oder Polygon gezeichnet werden. Der Vorteil dieser Objekte liegt darin, dass sie gemäß Objektdefinition als *IfcSpace* geführt werden. Zusätzlich ermöglichen sie die Anzeige hinterlegter Daten über Raumstempel in der 2D-Ansicht des Modells sowie eine automatische, fortlaufende Nummerierung.

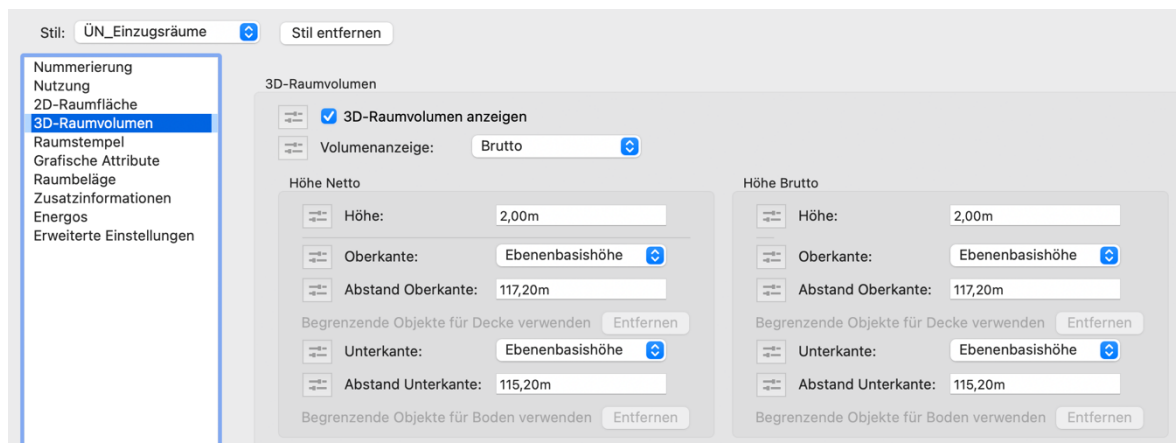


Abb. 12: Einstellungen des Raum-Objekts. (Eigene Darstellung, Vectorworks 2024)

In den Einstellungen des *Raum-Objekts* können beispielsweise die Nummerierung, 2D- und 3D-Darstellung sowie der Raumstempel bearbeitet werden. Für die Anwendung als Einzugsraum wurde der Stil *ÜN_Einzugsräume* erstellt, in dem alle relevanten Einstellungen für diesen Anwendungsfall festgelegt sind. Diese können im beiliegenden Dokument *Referenzprojekt_Teil-Fachmodell_Feianlagen.vwx* im Zubehörmanager eingesehen werden. Es wurde beispielsweise eine standardisierte Höhe für die Unter- und Oberkante des Raums definiert, sodass die eingefügten *Raum-Objekte* auf der Höhe der befestigten Flächen liegen und ein einheitliches Volumen definiert ist (siehe Abb. 12).

Das erstellte *Raum-Objekt* muss nun mit der Datenbank *DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen* (siehe Tabelle 3) verknüpft werden. Dazu wird im Datenmanager der Objekttyp *Raum* in der linken Spalte unter „Plug-in-Objekte (Vectorworks)“ ausgewählt. Anschließend kann die Datenbank über die Schaltfläche

„Hinzufügen“ in der mittleren Spalte zugewiesen werden (siehe Abb. 13). Dadurch wird die Verknüpfung für das aktuelle *Raum-Objekt*, sowie alle zukünftigen *Raum-Objekte* automatisch hergestellt.

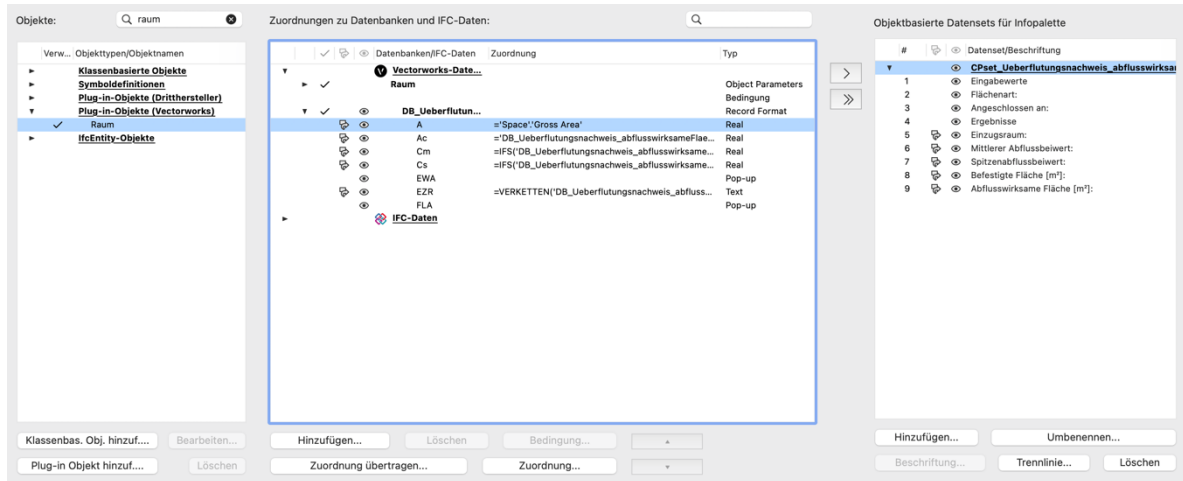


Abb. 13: Benutzeroberfläche des Datenmanagers in Vectorworks. (Eigene Darstellung, Vectorworks 2024)

Im nächsten Schritt werden in der mittleren Spalte die Datenbankfelder mit Werten versehen. Dies erfolgt über den Button „Zuordnen“ in der mittleren Spalte, wodurch ein weiteres Einstellungsfenster geöffnet wird. Hier können Zuordnungen für Datenbankfelder vorgenommen werden, die in drei Bereiche unterteilt sind: „Einfache Formel“, „Erweiterte Formel“ und „Zuordnung entfernen“. Am Beispiel der befestigten Fläche im *Einzugsraum A1* wird für die Zuordnung die Bruttofläche des Raums benötigt (siehe Abb. 16). Bei der Verwendung intelligenter Objekte lässt sich die Flächengröße in der Regel über die Objekteigenschaften im Bereich *Einfache Formel* ermitteln, einschließlich der Bruttofläche des *Raum-Objekts*. Die Auswahl im Bereich *Einfache Formel* erzeugt auch immer einen Ausdruck im Bereich *Erweiterte Formel* und kann hier bearbeitet und erweitert werden (siehe Abb. 14).

☒ Einfache Formel ☐ Erweiterte Formel ☐ Zuordnung entfernen

Zuweisungskriterium: Objekteigenschaft Bruttofläche

☐ Einfache Formel ☒ Erweiterte Formel ☐ Zuordnung entfernen

= 'Space'. 'Gross Area'

Abb. 14: Flächenermittlung in Vectorworks über die „Einfache Formel“ zur Bestimmung der Bruttofläche eines Raum-Objekts (oben). Der hieraus generierte Ausdruck kann im Bereich „Erweiterte Formel“ angepasst werden (unten). (Eigene Darstellung, Vectorworks 2024)

Die Berechnung der *abflusswirksamen Fläche* (A_c) erfordert hierbei eine solche erweiterte Formel, da diese durch Multiplikation der befestigten *Fläche* (A) mit dem *Spitzenabflussbeiwert* (C_s) ermittelt wird. Der entsprechende Ausdruck lautet:

= 'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen'. 'A' * 'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen'. 'Cs'

Hierbei bezieht sich der Ausdruck zwischen den Apostrophen auf die Datenbank sowie das jeweilige Datenbankfeld, wobei diese durch einen Punkt voneinander getrennt werden. Durch die Verwendung mehrerer solcher Abfragen wird es ermöglicht, Datenbankeinträge innerhalb eines Objekts miteinander zu verknüpfen und somit Werte wie A_c dynamisch zu berechnen. Um A_c zu bestimmen, muss zunächst der C_s

Informationen - Daten

Daten

Raum

Datenset: CPSet_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen

EINGABEWERTE

Angeschlossen an: A

Flächenart: Verkehrsflächen - Teildurchlässig: Betonsteinpflaster,...

ERGEBNISSE

Einzugsraum: A1

Mittlerer Abflussbeiwert: 0.700000

Spitzenabflussbeiwert: 0.900000

Überregnete Fläche: 86,530 m²

Abflusswirksame Fläche: 77,877 m²

Name: {BF8AD4D7-1921-47D2-8335-13619AF53E78}

Abb. 15: Infopalette des Einzugsraums A1 in Vectorworks mit den zugewiesenen Werten aus dem CPSet_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen. (Eigene Darstellung, Vectorworks 2024)

festgelegt werden. Dieser ist abhängig von der *Flächenart* (FLA) welche in der Datenbank nach *DIN-1986-100* (Tabelle 9) vorgegeben sind (siehe Tabelle 3). Je nach ausgewählter FLA des betrachteten Einzugsraums ist somit ein entsprechender C_s festzulegen. Die Bestimmung lässt sich mithilfe einer erweiterten Formel unter

Einsatz der *IFS-Funktion* automatisieren. Diese und alle weiteren Formeln für die Zuordnung der *Raum-Objekte* sind in Tabelle 3 ausführlich beschrieben.

Die nun zugeordneten Werte können in objektbasierten Datensets in der Infopalette des jeweiligen Objekts dargestellt werden. Hierfür wird ein Datenset in der rechten Spalte des Datenmanagers basierend auf der Datenbank *DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen* (siehe Tabelle 3) erstellt. Die Beschriftung erfolgt dabei nach dem zugehörigen *CPSet* der Tabelle 1 und den entsprechenden Eigenschaften. Dies erlaubt das Einsehen und die Bearbeitung der Werte in der Infopalette des jeweiligen Objekts innerhalb des Modells (siehe Abb. 15).

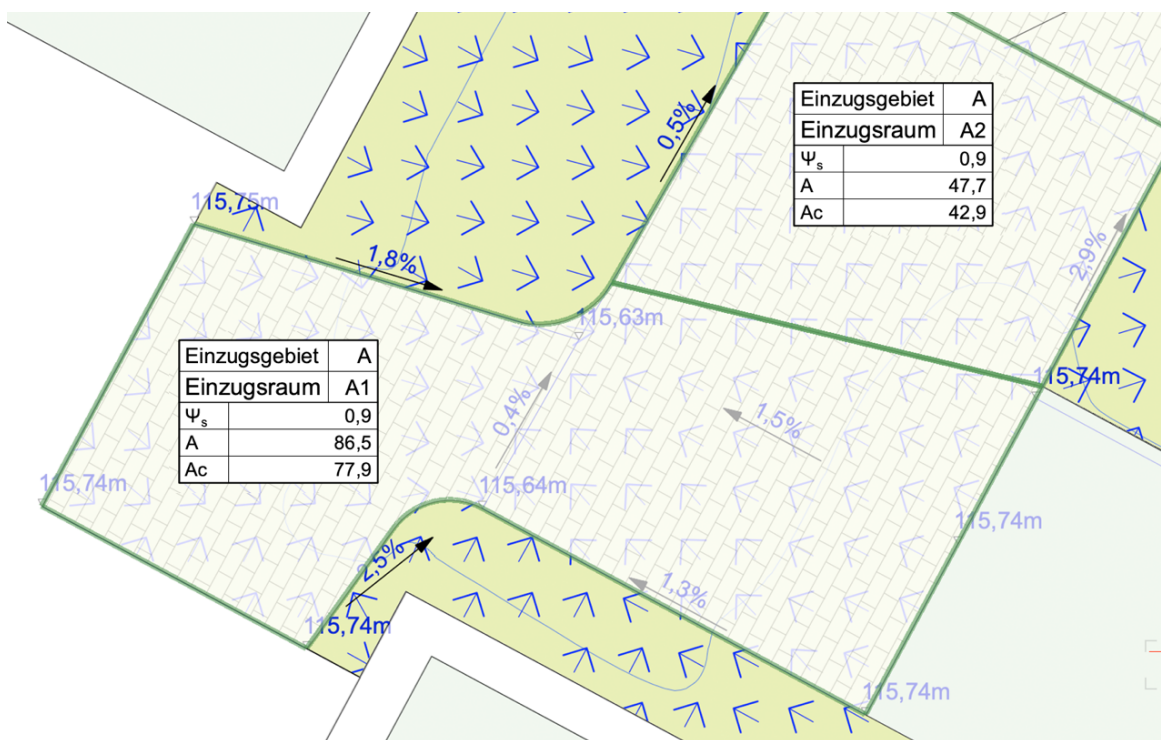


Abb. 16: Visualisierung der Einzugsrauminformationen in der 2D-Ansicht mittels Raumstempel in Vectorworks. (Eigene Darstellung, Vectorworks 2024)

Die Werte können zudem über den Raumstempel in der 2D-Ansicht des Modells visualisiert werden, wodurch eine übersichtliche Darstellung der Informationen ermöglicht wird (siehe Abb. 16). Hierfür wurde äquivalent zum Raumstil *ÜN_Einzugsräume* der Raumstempel *ÜN_Raumstempel_Einzugsräume* angelegt und in den Einstellungen des *Raum-Objekts* mit dem *Raumstil* verknüpft. Dieser Raumstempel kann durch einen Doppelklick auf diesen jederzeit bearbeitet werden.

Das somit geöffnete *Stempel-Layout* kann dann verändert oder erweitert werden. Die im Layout befindlichen Textfelder können über die Infopalette unter *Stempel-Layer-Daten* mit Datenfeldern – ähnlich wie im Datenmanager – der Datenbanken verknüpft und ausgelesen werden (siehe Abb. 17). Das genaue Vorgehen für die Bearbeitung des Stempel-Layouts ist umfassend durch vorhandene Literatur und Tutorials des Softwareherstellers beschrieben (vgl. ComputerWorks GmbH o. D. a).

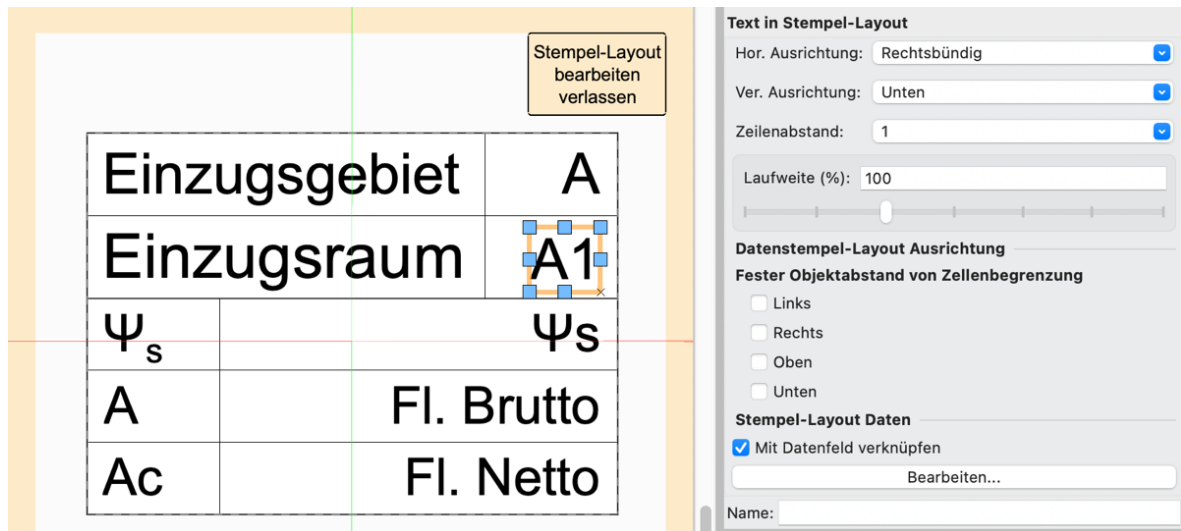


Abb. 17: Raumstempel-Layout in Vectorworks, das die Visualisierung der Einzugsrauminformationen in der 2D-Ansicht ermöglicht. (Eigene Darstellung, Vectorworks 2024)

Für eine verbesserte Darstellung der Einzugsräume und die übersichtliche Visualisierung der Einzugsgebiete sowie der Flächenart, kann auf die Datenvisualisierung zurückgegriffen werden. Diese ermöglicht es, Objekte durch die Verknüpfung von Werten mit spezifischen grafischen Eigenschaften hervorzuheben, wodurch sie klarer voneinander zu unterscheiden sind (siehe Abb. 29). Das hierfür nötige Vorgehen wird ebenfalls hinreichend durch den Softwarehersteller beschrieben (vgl. ComputerWorks GmbH o. D. a). Es erlaubt zudem die einfache Prüfung der Objekte, um sicherzustellen, dass jedem Einzugsraum das korrekte Einzugsgebiet sowie die richtige Flächenart zugewiesen wurden. Wenn beispielsweise, die Zuweisung einer dieser beiden Eigenschaften vergessen wurde, wird das Objekt farblich hervorgehoben und muss entsprechend angepasst werden.

3.2.3 Modellierung und Verknüpfung der Rinnen

Bei der Modellierung und Integration von Rinnen als Modellelement im Fachmodell unterscheiden sich deren Proportionen und Eigenschaften je nach Hersteller erheblich. Um den Anwendungsfall möglichst realistisch und praxisnah abzubilden, wird im Rahmen dieser Arbeit auf eine herstellerspezifische Rinne zurückgegriffen. Das bedeutet, dass für dieses Element ein herstellerspezifischer Datensatz benötigt wird, welches die zuvor definierten erforderlichen Eigenschaften erfüllt. Dabei ist sicherzustellen, dass die gewählte Rinne in der Lage ist, dass bei Starkregen anfallende Niederschlagswasser durch ein geeignetes Speichervolumen zurückzuhalten. Hierfür wird im Rahmen dieser Arbeit das von *HAURATON GmbH & Co. KG* bereitgestellte Rinnensystem *RECYFIX MONOTEC* als herstellerspezifischer Datensatz verwendet. Dieses System bietet eine Auswahl von vier unterschiedlich dimensionierten Rinnen, die jeweils über ein entsprechendes Speichervolumen bzw. Rückhaltevolumen verfügen (siehe Abb. 18).

RECYFIX MONOTEC

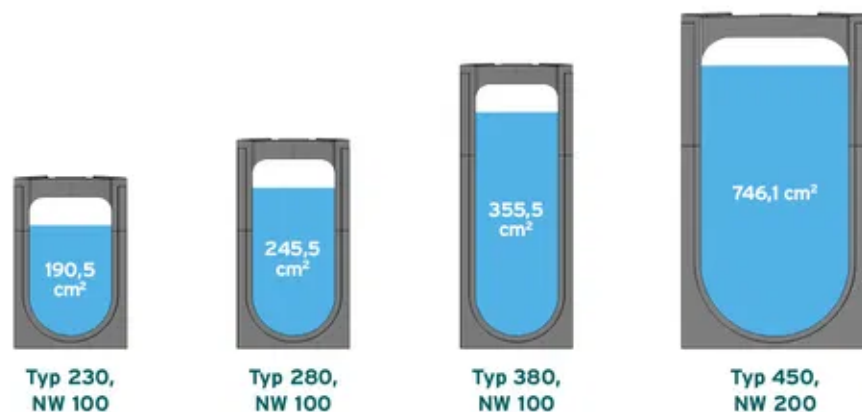


Abb. 18: Darstellung des Rinnensystems RECYFIX MONOTEC mit vier unterschiedlich dimensionierten Rinnentypen. (HAURATON GmbH & Co. KG o. D.)

Dieser Datensatz wurde als Revit-Datei (.rvt) zur Verfügung gestellt und kann in *Vectorworks* importiert werden. Da an dieser Stelle noch keine Beurteilung des benötigten Speichervolumens stattfinden kann, wird zuerst die Rinne von *Typ 280* importiert, welche nach dem Import das Symbol mit dem Namen *70DC36* -

h_PL_036005_000000_RF-MONO-100-Typ-280-FIBRETEC-s erzeugt. Danach liegt das Objekt als entsprechendes Symbol vor, welches mit der zugehörigen Datenbank des Herstellers verknüpft ist (siehe Abb. 19).

Dieses Objekt kann nun ebenfalls, wie im Abschnitt 3.2.2 beschrieben, im Datenmanager mit der zuvor definierten Datenbank *DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne* (siehe Tabelle 4) für die nachfolgende Durchführung des modellbasierten Überflutungsnacheises verknüpft werden. Hierbei ist zu beachten, dass für dieses Modellelement unter Symboldefinition in der linken Spalte des Datenmanagers der Objekttyp entsprechend dem Symbolnamen der erzeugten Rinne ausgewählt werden muss.

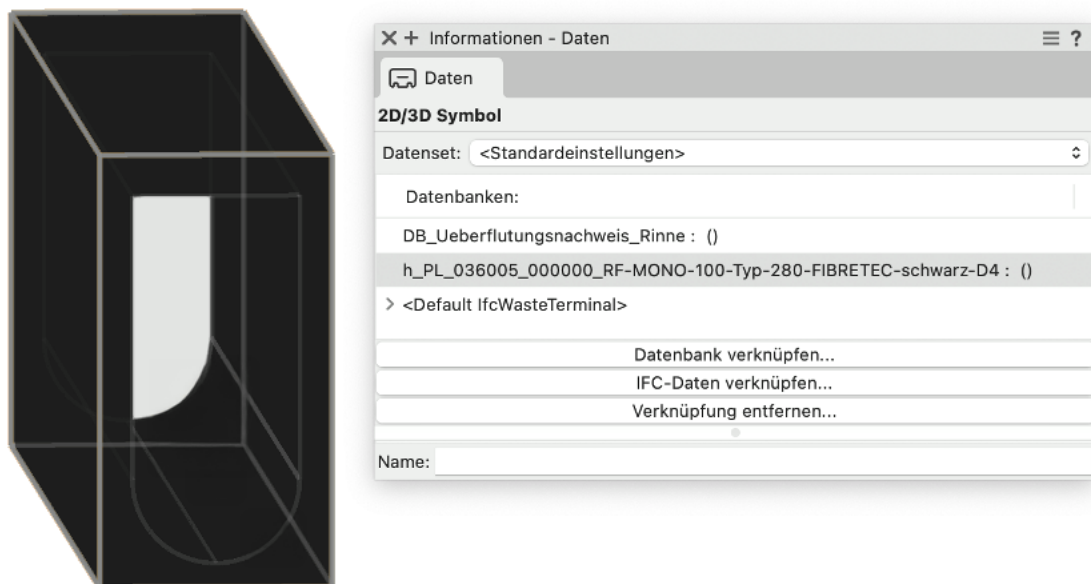


Abb. 19: Erzeugtes Symbol der Rinne vom Typ 280 in Vectorworks (links) und die zugehörige Datenbankverknüpfung in der Infopalette (rechts) nach dem Import der Revit-Datei. (Eigene Darstellung, Vectorworks 2024)

Im Datenmanager können den Datenbankfeldern der verknüpften Datenbank *DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne* nun die benötigten Werte für dieses Symbol aus der herstellereigenen Datenbank zugeordnet werden (siehe Tabelle 4). Sollte sich später im Rahmen der Berechnung des Rückhaltevolumens herausstellen, dass das Speichervolumen der Rinne entweder unzureichend oder überdimensioniert ist, kann die Rinne durch einen anderen Rinnen-Typ ersetzt werden. Hierzu ist lediglich die Zuordnung im Datenmanager für das neu erzeugte Symbol, das durch den Import

eines weiteren Datensatzes erstellt wurde, zu übertragen. Die Formeln für die Zuordnung bestimmter Eigenschaften aus der herstellereigenen Datenbank müssen gegebenenfalls an die veränderten Bezeichnungen dieser Datenbank angepasst werden.

3.2.4 Modellierung und Verknüpfung der Rigole

Für die Modellierung einer Rigole steht in der verwendeten Autorensoftware *Vectorworks* kein explizit dafür vorgesehenes Tool zur Verfügung, welches das benötigte Anforderungsprofil erfüllt (siehe Tabelle 2). Um dennoch die notwendigen Informationen wie Länge, Breite und Höhe der Rigole auslesen und verarbeiten zu können, wird das Tool *Straße (Gerade)* verwendet. Dieses Werkzeug ermöglicht es, die geometrischen Parameter des Objekts präzise festzulegen und intuitiv in der Infopalette zu verwalten.

Die Funktionalität dieses intelligenten Objekts erlaubt die flexible Modellierung der Länge der Rigole in der 2D-Ansicht, während die Breite von 5 Metern und die Höhe von 0,90 Metern, wie durch das Referenzprojekt vorgegeben, direkt in der Infopalette definiert und angepasst werden kann. Dies macht das Tool besonders geeignet für die Darstellung und Verwaltung von Rigolen im Fachmodell. Neben den Grundmaßen kann auch das Volumen aus den bereitgestellten geometrischen Eigenschaften der Rigole berechnet werden. Auf dessen Grundlage lässt sich unter Berücksichtigung eines Speicherkoeffizienten das Speichervolumen der Rigole bestimmen, was für die Berechnungen des Überflutungsnachweises von zentraler Bedeutung ist.

Wie bereits in den vorläufigen Objekten wird auch hier im Datenmanager der Objekttyp mit seiner entsprechenden Datenbank *DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole* verknüpft und seine Eigenschaften mithilfe der entsprechenden Formeln aus Tabelle 5 definiert.

3.2.5 Modellierung und Verknüpfung der Mulde

Die Modellierung von intelligenten Mulden in *Vectorworks* stellt eine Herausforderung dar, da kein Tool existiert, das die Anforderungen an ein solches Objekt für diese Anwendung vollständig erfüllt (siehe Tabelle 2). Dies bedeutet, dass für dieses Modellelement ein eigenes Symbol erstellt werden muss. Darüber hinaus muss die Mulde in das *DGM* integriert werden, damit das Geländeprofil mit der Mulde übereinstimmt.

Mithilfe von *Geländemodifikatoren*, mit denen das *DGM* bearbeitet werden kann, muss zunächst die Mulde in das *DGM* hineinmodelliert werden. Anschließend können die Modifikatoren kopiert und in *NURBS-Kurven* umgewandelt werden, aus denen ein passgenauer *Volumenkörper* erzeugt werden kann. Das Erstellen und Verwenden von *Geländemodifikatoren* und *NURBS-Kurven* wird ausführlich durch den Softwarehersteller beschrieben (vgl. ComputerWorks GmbH o. D. a). Der so erstellte Körper repräsentiert das Speichervolumen der Mulde innerhalb des *DGMs*. Das Volumen dieses Körpers kann über „Bearbeiten“ und „3D-Informationen eingesehen“ und später manuell in den Datensatz übertragen werden, da ein automatisches Auslesen des Volumens bei Symbolen nicht möglich ist.

Bei aktiviertem Objekt kann über „Ändern“ und „Symbol anlegen“ ein Symbol erstellt werden. Mit einem Doppelklick kann das im Symbol enthaltene Objekt – also der Volumenkörper der Mulde – bei Bedarf weiter bearbeitet werden. Hierbei ist es ebenfalls möglich, ein 2D-Polygon in Form der 2D-Aufsicht des Körpers anzulegen. Beim Verlassen des Bearbeitungsbereichs wird ein hybrides Symbol erzeugt. Dieses Symbol enthält – ähnlich wie ein intelligentes Objekt – sowohl 2D- als auch 3D-Informationen und kann im Datenmanager mit der entsprechenden Datenbank *DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde* (siehe Tabelle 6) verknüpft und verwaltet werden.

3.2.6 Modellierung und Verknüpfung des Rückhaltevolumens

Ein ähnliches Problem wie auch bei der Erstellung der Mulde tritt bei der Modellierung des Rückhaltevolumens auf. Der Unterschied zur Mulde besteht darin, dass das *DGM* nicht an die Mulde angepasst wird. Stattdessen muss das Rückhaltevolumen – was die Ansammlung von Regenwasser an der Oberfläche darstellt – an das *DGM* einschließlich aller befestigten Flächen im Bereich des Rückhaltevolumens angepasst werden. Allerdings steht hierfür kein geeignetes Tool in *Vectorworks* zur Verfügung, das diese Aufgabe ohne Weiteres ermöglicht.

Ein alternatives Vorgehen zur Erstellung eines Symbols besteht darin, einen Extrusionskörper großflächig im Bereich der Rückhaltefläche zu erzeugen und dessen Oberkante auf die Höhe der maximal möglichen Anstauhöhe zu platzieren. Diese Höhe kann mithilfe der entsprechenden Höhenplanung und des daraus modellierten *DGMs*, einschließlich der befestigten Flächen, präzise bestimmt werden. Sobald der Extrusionskörper entsprechend platziert ist, lässt sich bereits das Rückhaltevolumen erkennen, welches eine visuelle Prüfung der maximalen Anstauhöhe ermöglicht (siehe Abb. 20).

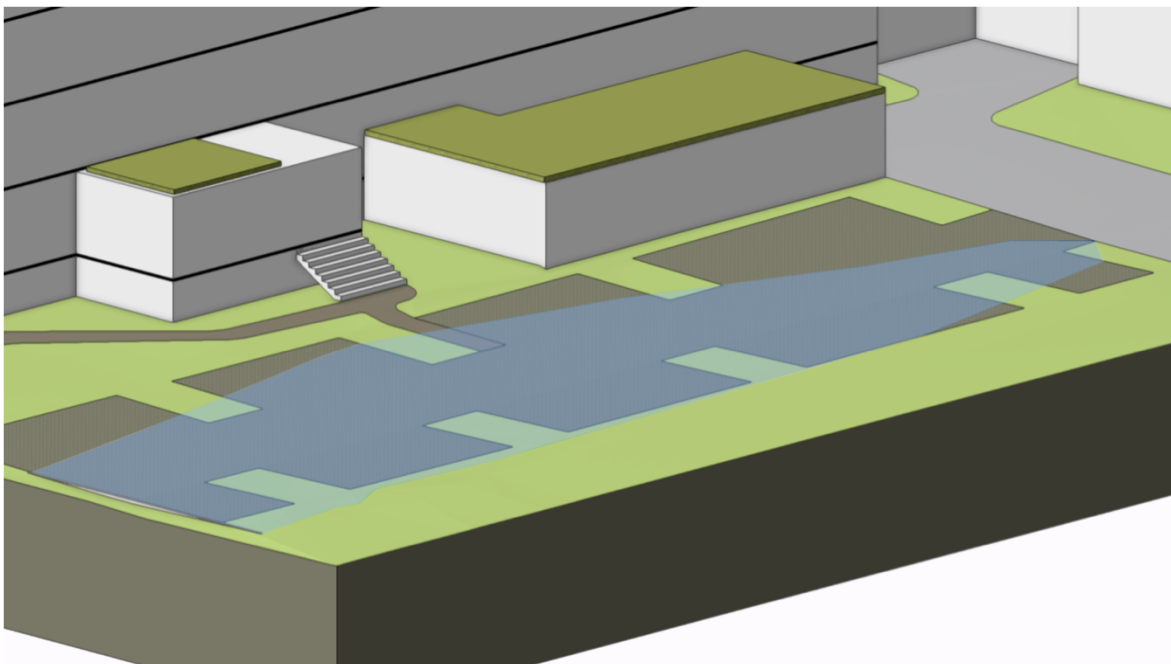


Abb. 20: Darstellung des Rückhaltevolumens der Entwässerungsanlage A im Fachmodell, ergänzt durch das geplante Hochbord auf der linken Seite. (Eigene Darstellung, Vectorworks 2024)

Am Beispiel des Projekts zeigt sich, dass für das Erreichen eines möglichst hohen Anstauvolumens im Bereich der Parkfläche die Installation eines Hochbords erforderlich ist (siehe Abb. 20). Es verhindert das Abfließen von Wasser und trägt so zur Maximierung des Rückhaltevolumens bei. Durch die Kombination aus *DGM*, befestigten Flächen und dem Hochbord kann die Ansammlung des Regenwassers im Fachmodell realitätsnah dargestellt werden.

Um nun das tatsächliche Volumen zu bestimmen, das sich auf dieser Fläche sammeln würde, muss der Extrusionskörper mit dem *DGM* und den befestigten Flächen beschnitten werden. Die Bildung von Schnittvolumen mit einem *DGM* ist grundsätzlich möglich. Allerdings erfordert dies fehlerfreie Ausgangsdaten und somit ein konfliktfreies *DGM*. Bereits eine „eingefaltete“ Fläche oder zwei übereinanderliegende Punkte in den Ausgangsdaten können dazu führen, dass das Geländemodell kein eindeutiges Volumen umschließen kann. Darüber hinaus können Fehler während der fortlaufenden Planung und Modellierung des *DGMs* entstehen, was ebenfalls dazu führt, dass kein eindeutiges Volumen erzeugt werden kann. Dies erschwert die direkte Erstellung eines Rückhaltevolumens und erfordert gegebenenfalls Anpassungen am *DGM* und dessen Ausgangsdaten. Alternativ muss es für dieses Vorhaben auf den betreffenden Bereich zugeschnitten werden, was dann nach dem Erzeugen des Rückhaltevolumens wieder rückgängig gemacht werden muss. Etwaige nachträgliche Anpassungen am Rückhaltevolumen können dann mit einem erhöhten Arbeitsaufwand verbunden sein.

Ist der Volumenkörper jedoch einmal erstellt, kann er – wie im Abschnitt 3.2.5 beschrieben – zur Erstellung eines Symbols verwendet werden. Dieses Symbol kann anschließend im Datenmanager mit der Datenbank *DB_Ueberflutungsnachweis_Rueckhaltevolumen* (siehe Tabelle 7) verknüpft und bearbeitet werden.

3.3 Integration der Niederschlagsdaten

Für die Durchführung des modellbasierten Überflutungsnachweises ist die Integration georeferenzierter Niederschlagsdaten in das Fachmodell entscheidend. Da die Niederschlagsdaten des *DWD* in verschiedenen Formaten vorliegen, müssen diese zunächst aufbereitet und in geeigneter Weise in das Modell eingebunden werden. Die Datenintegration erfordert grundlegende Vorbereitung sowie die Auswahl passender Software und Werkzeuge, um eine reibungslose Nutzung der Daten im Fachmodell zu gewährleisten. Darüber hinaus müssen spezifische Anforderungen an die Datenbank und die Datenstruktur berücksichtigt werden, um eine zuverlässige Verarbeitung der Daten sicherzustellen.

3.3.1 KOSTRA-DWD-Datenformate

Die *KOSTRA-DWD-Daten* sind seit Juli 2017 als Open Data über das *Climate Data Center (CDC)* des *DWD* zugänglich. Im *CDC* sind die Daten in verschiedenen Formaten für spezifische Einsatzbereiche aufbereitet: ASCII-Raster (*asc*), Tabellen (*tab*) und GIS-fähige Vektordatensätze (*gis*). Die *KOSTRA-DWD-Daten* sind im Vektorformat speziell für die Nutzung in GIS-Umgebungen optimiert und umfassen alle erforderlichen Datensätze wie die Projektdaten (*.prj*), Datenbankdateien (*.dbf*) und Shape-Dateien (*.shp*) für einen georeferenzierten Import. Zudem sind Layerstil-Dateien (*.qml* für QGIS, *.lyr* für ArcGIS) beigefügt, die spezifische Klassifikationen und Farbkodierungen für die verschiedenen Wiederkehrintervalle enthalten und die praktische Handhabung sowie Visualisierung erleichtern. Mit diesen Vektordaten können die Niederschlagsmengen präzise im Raum visualisiert und direkt für Analysen genutzt werden (vgl. Thomas Junghänel, et al. 2023: 8 f.).

Der *KOSTRA-DWD-Datensatz* ist im europäischen Bezugssystem *ETRS89-LAEA (EPSG: 3035)* georeferenziert und weist eine Rasterauflösung von 5 x 5 Kilometern auf. Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich über ganz Deutschland und umfasst zusätzlich einen ca. 10 km breiten Randbereich, der insgesamt durch ein Raster von 300 x 300

Feldern abgedeckt wird. Etwa 17 Prozent dieser Felder enthalten Dateneinträge, während die übrigen mit Fehlwerten versehen sind (siehe Abb. 21). Diese Georeferenzierung ist konsistent mit weiteren hydrometeorologischen Datensätzen des *DWD*, darunter die Radarklimatologie RADKLIM und die HYRAS-Rasterdaten. Diese Vereinheitlichung ermöglicht eine nahtlose Integration und Vergleichbarkeit mit weiteren relevanten Niederschlagsdaten (vgl. Thomas Junghänel, et al. 2023: 7).

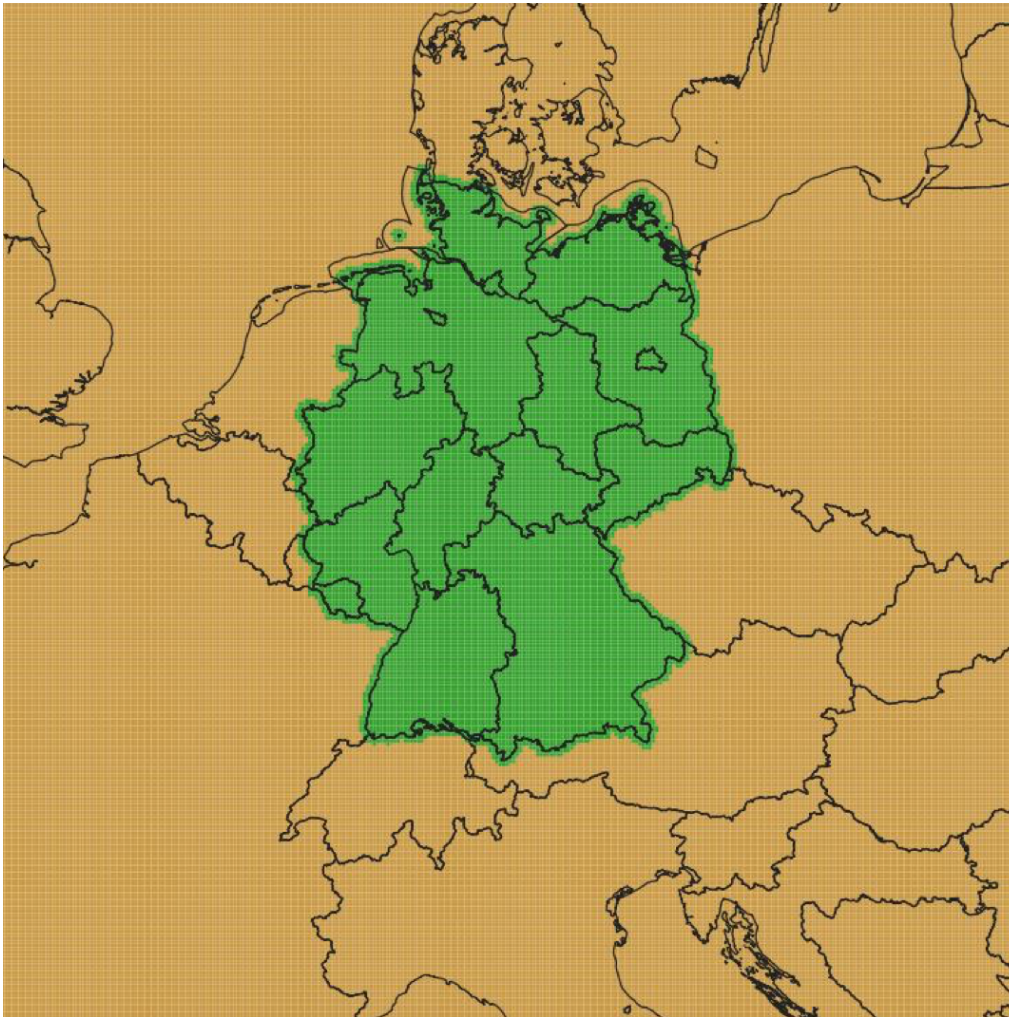


Abb. 21: Untersuchungsgebiet von KOSTRA-DWD-2020. Grüne Felder zeigen an, dass diese mit Werten belegt sind. Braune Felder sind mit Fehlwerten belegt. (Thomas Junghänel, et al. 2023: 7)

Nach dem Herunterladen kann das *KOSTRA-DWD-Datenpaket*, beispielsweise *GIS_KOSTRA-DWD-2020_D00005.zip*, als Shape-Datei in *Vectorworks* importiert werden. Diese Shape-Dateien enthalten die notwendigen räumlichen Informationen sowie die entsprechenden Niederschlagswerte und können zur Visualisierung und Analyse der Starkregenereignisse direkt in das Fachmodell integriert werden.

3.3.2 Aufbereiten der ausgewählten Niederschlagsdaten

Die Niederschlagsdaten des *DWD* bieten nicht nur Informationen zu Regenspenden, sondern ermöglichen durch das bereitgestellte GIS-kompatible Datenformat eine unmittelbare georeferenzierte Anwendung im digitalen Fachmodell, was eine manuelle Auswahl des Ortspunktes überflüssig macht. Dies ermöglicht eine präzise geographische Zuordnung der Daten und erleichtert die Erstellung einer übersichtlichen Visualisierung und das Durchführen einer automatisierten Analyse der Daten.

Im Gegensatz zur *DIN 1986-100* ist ein Überflutungsnachweis nach *DWA-A 183-1* nicht direkt mit den *KOSTRA-DWD-Daten* realisierbar. Nach *DWA-A 183-1* müssen alle Dauerstufen berücksichtigt werden, um iterativ das anfallende Überflutungsvolumen zu bestimmen. Die *DWD* werden jedoch für jede Dauerstufe separat bereitgestellt und erfordern zunächst eine Zusammenführung in einem einheitlichen Datenbestand.

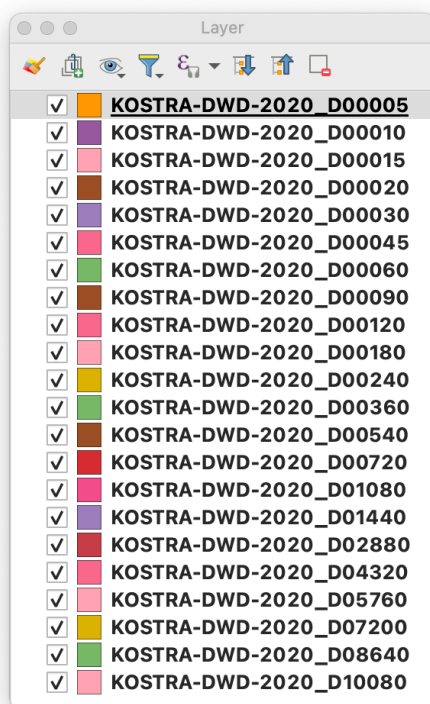


Abb. 22: Importierte *KOSTRA-DWD-Dauerstufen* als separate Layer in QGIS. (Eigene Darstellung, QGIS 3.4)

Diese Fusion der Rasterdaten stellt eine methodische Herausforderung dar, kann jedoch mithilfe der Open-Source-GIS-Software *QGIS* effizient bewältigt werden.

Die ausgewählten *KOSTRA-DWD-Niederschlagsdaten* werden hierfür in ein neues QGIS-Dokument importiert und dort weiterbearbeitet, um eine standardisierte Grundlage für zukünftige Projekte zu schaffen. Ziel ist es, die Daten zusammenzuführen und aufzubereiten, dass ein Überflutungsnachweis nach *DWA-A 183-1* ermöglicht wird und keine erneuten Anpassungen erforderlich sind.

Für die korrekte georeferenzierte Integration wird dem Dokument das Koordinatensystem *ETRS89-LAEA (EPSG: 3035)* zugewiesen, um eine exakte Übereinstimmung mit dem Datensatz zu gewährleisten. Zunächst werden alle 23 relevanten Dauerstufen als separate Layer in *QGIS* importiert (siehe Abb. 22). Nach dem Import der Shape-Datei erscheinen die Daten auf der Konstruktionsebene als Polygone mit einer Rastergröße von 300 x 300 Feldern.

Nach dem Import müssen alle Polygone entfernt werden, die durch den Fehlwert -99,9 gekennzeichnet sind. Dies geschieht durch das Selektieren der entsprechenden Einträge in der Attributtabelle des jeweiligen Layers und das anschließende Löschen der zugehörigen Polygone (siehe Abb. 23). Da das vorliegende Shape-Format der *DWD* aufgrund seiner hohen Kompatibilität mit verschiedenen Softwarelösungen die bevorzugte Datenbasis darstellt, wird auch im weiteren Vorgehen an diesem Format festgehalten.

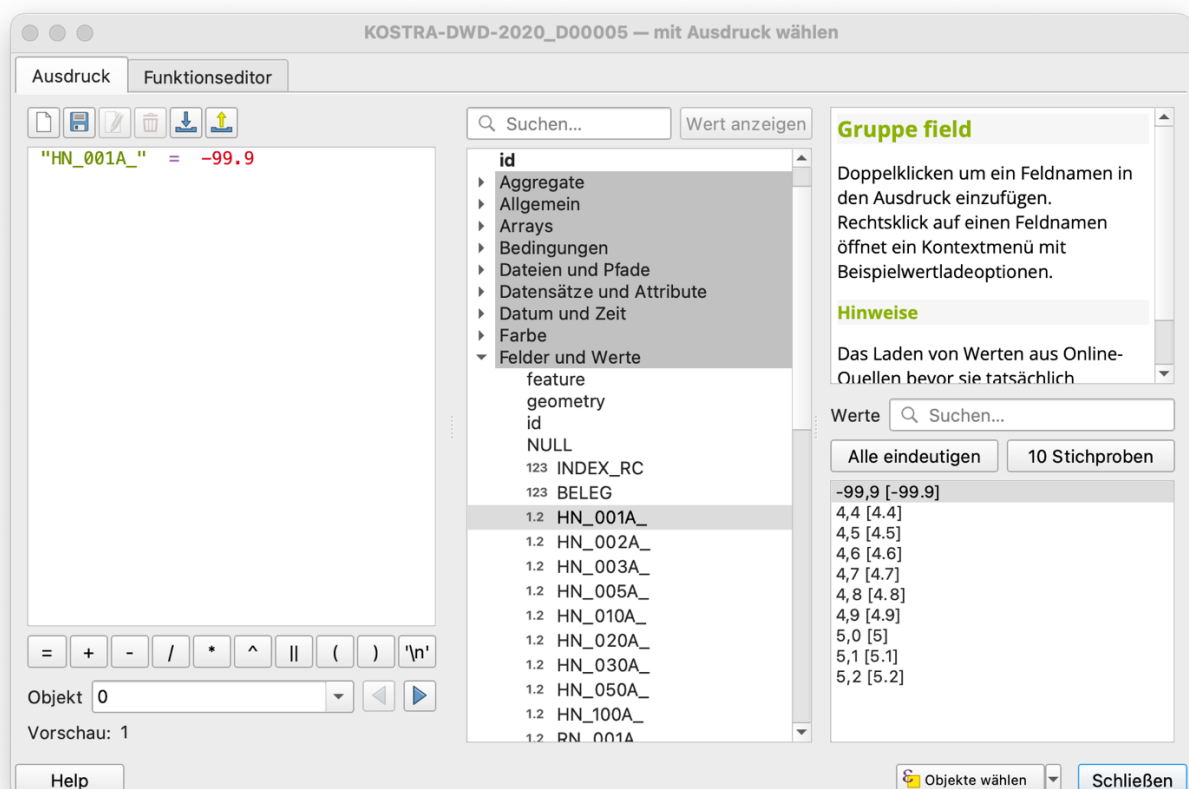


Abb. 23: Entfernen von Polygonen mit Fehlwerten in *QGIS* durch Selektion und Löschung in der Attributtabelle. (Eigene Darstellung, *QGIS 3.4*)

Eine besondere Herausforderung ist jedoch die maximale *Feldnamenbegrenzung* von Shape-Dateien auf zehn Zeichen. Um dennoch eine eindeutige und lesbare Benennung aller Dauerstufen und zugehörigen jährlichen Wiederkehrzeiten im Feldnamen zu gewährleisten, müssen die Attributfelder sorgfältig angepasst werden. Zunächst werden alle nicht zwingend benötigten Felder entfernt, sodass nur die für den Überflutungsnachweis relevanten Daten verbleiben. Der Bemessungsniederschlag wird in diesem Kontext nicht benötigt und die Unsicherheiten können im vereinfachten Verfahren des Überflutungsnachweises standardisiert angegeben werden. Dadurch wird der Datensatz auf die notwendigen Bemessungsspenden reduziert. Die verbleibenden Felder werden dann entsprechend den jährlichen Wiederkehrzeiten umbenannt, um eine klare Zuordnung im nächsten Schritt zu ermöglichen. Auf diese Weise lässt sich trotz der Feldlängenbegrenzung eine eindeutige Zuordnung gewährleisten.

Um die vollständige Zusammenführung aller Dauerstufen in einen einzigen Layer vorzunehmen, können anschließend die QGIS-Tools zum Datenmanagement genutzt werden. Unter „Vektor“, „Datenmanagement-Werkzeuge“ und „Attribute nach Position verknüpfen“ werden die einzelnen Layer mittels räumlicher Verknüpfung zusammengeführt. Hierbei ist es wichtig, unter dem Reiter „Ort der Objekte“ die Checkbox „gleich“ zu aktivieren, damit die Attribute der genau übereinanderliegenden Polygone zusammengeführt werden. Dabei muss ein Präfix in Form der Dauerstufe vorangestellt werden, um nach der Zusammenführung eine klare Unterscheidbarkeit der Feldnamen sicherzustellen (siehe Abb. 24). Nach der Anwendung dieser Schritte auf allen Layern entsteht ein vereinheitlichter Layer, der sämtliche Bemessungsspenden für alle relevanten Dauerstufen und Wiederkehrintervalle des *KOSTRA-DWD-Datensatzes* umfasst.

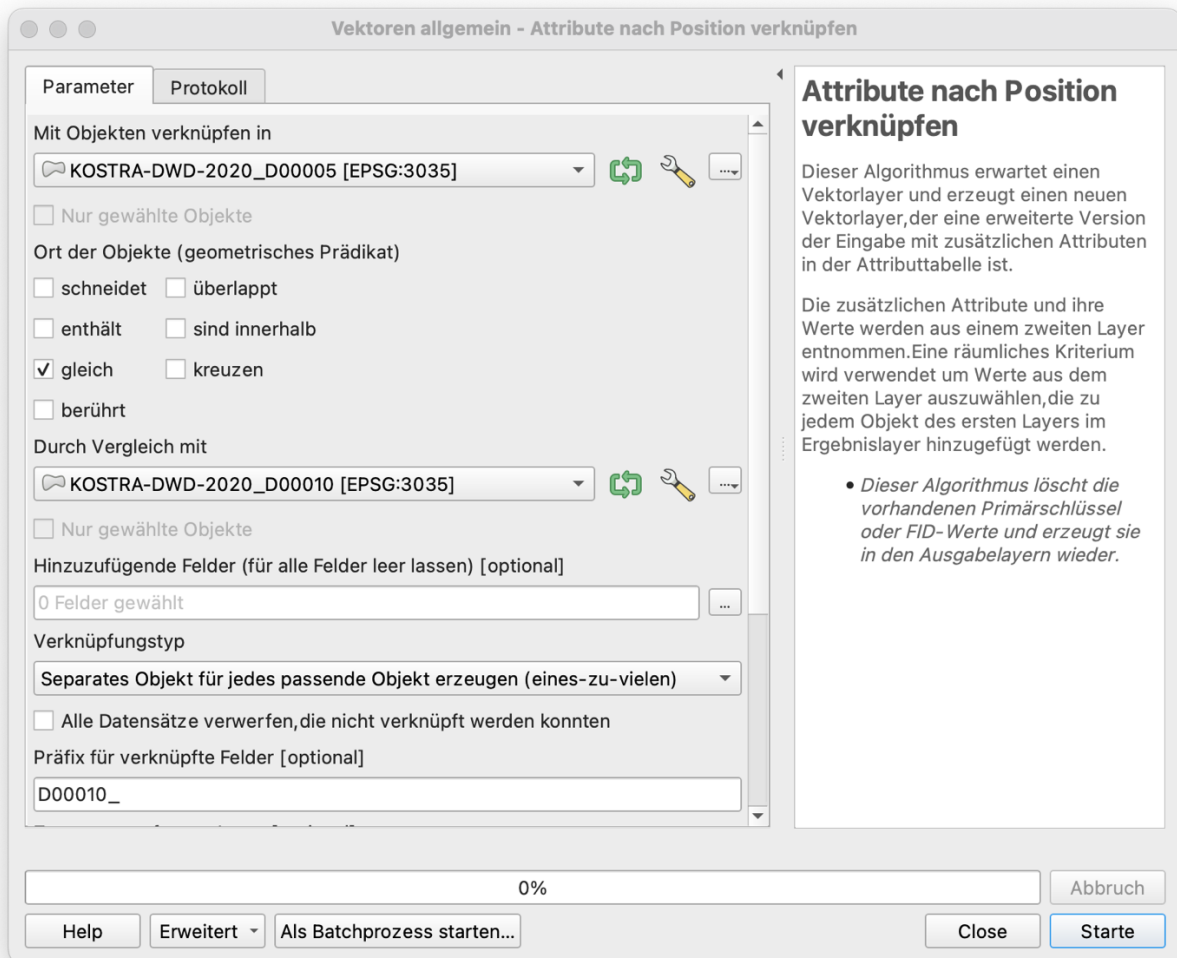


Abb. 24: Einstellungen im QGIS-Tool „Attribute nach Position verknüpfen“ zur Zusammenführung von Layern mittels räumlicher Verknüpfung. (Eigene Darstellung, QGIS 3.4)

Für spätere Berechnungen wird es notwendig, die Dauerstufen in Minuten als feste Werte in den Datensatz zu integrieren. Diese Ergänzung kann in den Layer-eigenschaften des neuen Layers vorgenommen werden. Außerdem wird ein weiteres Feld angelegt, das als „Zähler“ fungiert und in den nachfolgenden Berechnungsschritten Verwendung findet.

Der fertig aufbereitete Layer wird abschließend als Shape-Datei exportiert, sodass er problemlos in *Vectorworks* oder andere Planungsprogramme importiert werden kann. Da alle notwendigen Anpassungen und Bereinigungen bereits in *QGIS* durchgeführt wurden, ist keine weitere Bearbeitung der Daten in der Zielsoftware erforderlich. Diese Methode erhöht die Interoperabilität und Wiederverwendbarkeit der Daten, da die Shape-Datei universell einsetzbar ist. Der Datensatz bildet eine strukturierte Grundlage

für zukünftige Projekte, um den Überflutungsnachweis innerhalb der BIM-Methodik durchführen zu können und bleibt bis zur Veröffentlichung eines aktualisierten *KOSTRADWD-Datensatzes* gültig.

3.3.3 Integration der aufbereiteten Niederschlagsdaten

Das Shape-Dateiformat ermöglicht im Gegensatz zu den anderen verfügbaren Formaten des *DWD* (ASCII und Tabellen) eine direkte Darstellung von Geometrien und somit eine Bereitstellung räumlicher Informationen wie Lage und Form der Polygone. Des Weiteren wird bei dem Import der Shape-Datei die zugehörige Datenbankdatei (.dbf) automatisch eingebunden. Der Aufbau der Datenbank ist durch die obigen Arbeitsschritte beschrieben und in Tabelle 8 festgehalten und vervollständigt die benötigten Datenbanken für den modellbasierten Überflutungsnachweis.

Durch die eingebundene Datenbankdatei legt *Vectorworks* im Zubehörmanger die entsprechende Datenbank an und verknüpft alle importierten Polygone mit dieser, sodass die Niederschlagswerte den Polygonen eindeutig zugeordnet werden. Die spezifischen Layerstile für die Darstellung der Niederschlagsdaten werden jedoch nicht übernommen, da diese nur für die GIS-Programme *QGIS* und *ArcGIS* verfügbar sind. Nach dem Import können die Niederschlagsmengen allerdings durch die Datenvisualisierung in *Vectorworks* dargestellt werden, um die fehlenden Layerstile zu ersetzen (siehe Abb. 25).

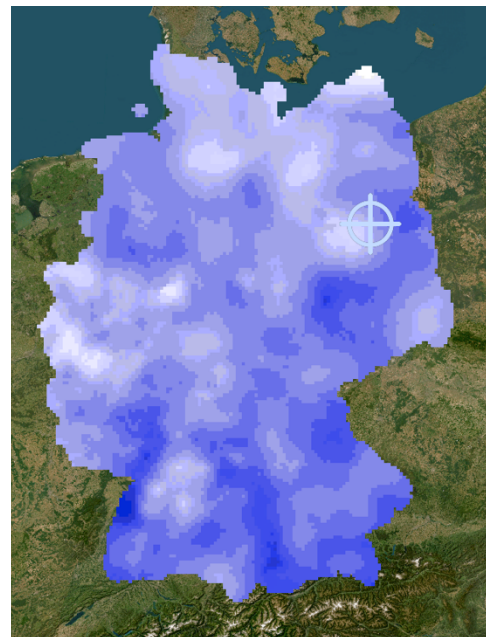


Abb. 25: Visualisierung der Niederschlagsdaten in *Vectorworks* nach Import der Shape-Datei. (Eigene Darstellung, *Vectorworks* 2024)

Um eine problemlose Integration zu gewährleisten, muss die Shape-Datei mit dem Koordinatensystem des Zieldokuments übereinstimmen. Für das Referenzprojekt wird

das Koordinatensystem *ETRS89 UTM Zone 33N (EPSG: 5650)* verwendet. Im vorliegenden Fall wurde die Shape-Datei bereits aus *QGIS* in dieses Koordinatensystem exportiert, sodass sie direkt in das Fachmodell importiert werden kann, ohne dass weitere Konvertierungsschritte notwendig sind.

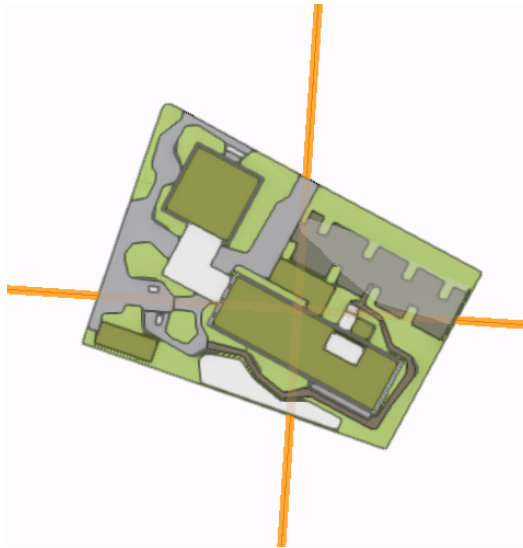


Abb. 26: Nach dem Import wurden alle Polygone außerhalb des Plangebiets gelöscht; das Projektgebiet schneidet beispielhaft exakt vier Polygone. (Eigene Darstellung, Vectorworks 2024)

Nach dem Import enthält das Projekt zunächst alle Polygone des ursprünglichen Rasters, die über die gesamte Fläche Deutschlands verteilt sind. Für die weitere Bearbeitung und eine ressourcenschonende Arbeitsweise ist es erforderlich, alle Polygone außerhalb des Planungsgebiets zu löschen, sodass letztlich nur dasjenige Polygon übrigbleibt, welches das Projekt umfasst.

Sollte das Projektgebiet genau an einer Grenzlinie oder in einem Eckpunkt liegen und daher mehrere Polygone schneiden (siehe Abb. 26), wird der zuvor integrierte „Zähler“ relevant. Dieser erlaubt es, die Anzahl der relevanten Polygone zu berücksichtigen und einen Durchschnitt der Niederschlagsmengen aus den betroffenen Polygonen zu berechnen (siehe Abb. 27). Auf diese Weise wird sichergestellt, dass die weiteren Berechnungen mit einem präzisen, für das Projekt spezifischen Durchschnittswert fortgeführt werden können.

37	►	Berechnung der erforderlichen Rigolenlänge LR				
38	►					
39	►	$LR = (Au \cdot e^{-7} \cdot rD(n) \cdot D \cdot 60) / (bR \cdot h \cdot sRR + (bR + h/2) \cdot D \cdot 60 \cdot kf/2 \cdot fZ)$				
40	►					
41	►	örtliche Regendaten mit einer Regenhäufigkeit von 5 Jahren:				Berechnung:
42	►					
43	►	Anzahl an Rasterdaten	D in min	rD(n) in l/(s*ha)		LR in m
44	►	4	5	379,15		1,677
45	►	4	20	1516,6		
45.1	x		5	383,3		
45.2	x		5	373,3		
45.3	x		5	383,3		
45.4	x		5	376,7		
46	►	4	10	254,6		2,246
47	►	4	40	1018,4		
47.1	x		10	256,7		
47.2	x		10	251,7		
47.3	x		10	256,7		
47.4	x		10	253,3		
48	►	4	15	196,4		2,591
49	►	4	60	785,6		
49.1	x		15	197,8		
49.2	x		15	194,4		
49.3	x		15	197,8		
49.4	x		15	195,6		
50	►	4	20	162,075		2,843
51	►	4	80	648,3		
51.1	x		20	162,5		
51.2	x		20	160,8		
51.3	x		20	163,3		
51.4	x		20	161,7		
52	►	4	30	122,65		3,21
53	►	4	120	490,6		
53.1	x		30	122,8		
53.2	x		30	121,7		
53.3	x		30	123,3		
53.4	x		30	122,8		

Abb. 27: Ausschnitt aus Berechnungstabelle in Vectorworks: Der integrierte „Zähler“ ermöglicht die Berechnung des Durchschnitts der Niederschlagsmengen aus den betroffenen Polygonen. (Eigene Darstellung, Vectorworks 2024)

Für die Berechnung am Beispieldokument in Vectorworks ist sicherzustellen, dass die mitimportierte Datenbank der *KOSTRA-DWD-Daten* den Namen *DB_KOSTRA-DWD-2020_RN* (siehe Tabelle 8) trägt. Diese Bezeichnung ist erforderlich, da in den späteren Berechnungsschritten direkt auf diese Datenbank verwiesen wird.

Mit der erfolgreichen Integration der Niederschlagsdaten des *DWD* in das Fachmodell sind nun alle relevanten Niederschlagsdaten für den Überflutungsnachweis nach *DWA-A 138* berücksichtigt. Die Daten werden in den nachfolgenden Planungs- und Berechnungsschritten, insbesondere bei der Ermittlung des erforderlichen Rückhaltevolumens, herangezogen.

4 Der modellbasierte Überflutungsnachweis

Der folgende Abschnitt beschreibt die Durchführung und Validierung des modellbasierten Überflutungsnachweises im landschaftsarchitektonischen Entwurfsprozess. Auf Grundlage der im Teil-Fachmodell bereitgestellten Niederschlags- und Projektdaten wird ein strukturiertes Verfahren zur Ermittlung des Rückhaltevolumens aufgezeigt, dass eine automatisierte als auch transparente Berechnung ermöglicht. Abschließend erfolgt eine Überprüfung der Ergebnisse am Beispiel des Referenzprojekts einschließlich eines IFC-Exports, um die beschriebene Methodik in einem praxisnahen Vorgehen zu testen.

4.1 Methodische Vorgehensweise

Zu diesem Zeitpunkt sind sämtliche für den Überflutungsnachweis erforderlichen Daten integriert und die entsprechenden Modellelemente angelegt. Die Modellelemente wurden im Datenmanager mit den entsprechenden Datenbanken verknüpft und die zugehörigen Felder mithilfe geeigneter Formeln sowie erforderlicher manueller Eingaben in den Datensätzen der Infopalette mit den entsprechenden Eingabewerten versehen. Um die Berechnungen durchführen zu können, müssen die Informationen der Einzugsräume, *KOSTRA-DWD-Daten* und Entwässerungsanlagen zentral an einem Ort zusammengeführt werden.

Hierfür ist der Zubehörtyp *Tabelle* aus dem Zubehörmanager in *Vectorworks* geeignet. Mit diesem ist es möglich, durch Objektfilter Listen von Objekten zu erstellen, mit denen sich deren Datenbankeinträge anzeigen, ordnen und bearbeiten lassen. Berechnungen, die in den Tabellen durchgeführt werden, können wiederum über den Datenmanager mit entsprechenden Formeln ausgelesen und an die Objekte zurückgegeben werden (siehe Tabelle 4 bis 7). Die Ergebnisse können anschließend den Datensätzen der Objekte zugewiesen und über das zugehörige *CPSets* ebenfalls im IFC-Format exportiert werden.

Die Tabellen für die drei Entwässerungstypen Rinne, Rigole und Mulde können je nach Häufigkeit ihrer Verwendung im Projekt mehrfach vorkommen, unterscheiden sich jedoch innerhalb derselben Entwässerungsanlage weder im Aufbau noch in den Berechnungen. Jede Tabelle erhält eine eindeutige *EWA* als ID, da auf diese in den Formeln des Datenmanagers zugegriffen wird. Ergänzt wird die Bezeichnung durch die jeweilige *DIN-Norm* oder das entsprechende *DWA-Arbeitsblatt*. Die vorhandenen Tabellen dienen als Vorlagen und können für weitere Entwässerungsanlagen des gleichen Typs dupliziert werden. Ihre Benennung ergibt sich wie folgt am Beispiel der Rigole als Entwässerungsanlage A:

Berechnungen_Rigole-A_DWA-A_138-1

Entwässerungsanlage	EWA (ID)	Angewandte DIN oder DWA-A
---------------------	----------	---------------------------

4.1.1 Aufbau und Funktionsweise der Berechnungstabellen für Rinnen

Am Beispiel der Tabelle *Berechnungen_Rinne-D_DIN_1986-100* wird der Aufbau und die Funktionsweise der verwendeten Tabelle für die Entwässerungseinrichtung Rinne erläutert.

Im Abschnitt *Ermittlung der angeschlossenen abflusswirksamen Flächen ACs* der Tabelle werden in Zeile zwölf über den Objektfilter alle Modellelemente mit dem Objekttyp *Raum* aufgelistet, denen der Wert *D* im Datenbankfeld *EWA* der Datenbank *DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen* zugeordnet ist (siehe Abb. 28). Diese Zeilen (12.n) entsprechen allen Einzugsräumen, die an die Entwässerungsanlage *D* angeschlossen sind, und werden durch grau gefüllte Zellen hervorgehoben. In den einzelnen Spalten der Zeile zwölf können nun Formeln hinterlegt werden, die die Werte der benötigten Datenbankfelder gemäß Tabelle 4 für die gefilterten Einzugsräume ausgeben (siehe Abb. 28). Die Verwendung von Objektfiltern und der Umgang mit Tabellen in *Vectorworks* wird ausführlich vom Hersteller beschrieben (vgl. ComputerWorks GmbH o. D. a).

	A	B	C	D	E
1	Berechnungen für die Dimensionierung der Rinne D nach DIN 1986-100				
2					
3					
4	Eingabedaten aus dem Datensatz der Objekte				
5	Manuelle Eingabe				
6	Ergebnisse				
7					
8	Ermittlung der angeschlossenen abflusswirksamen Flächen ACs				
9					
10	Einzugsgebiet	Einzugsraum	Spitzenabflussbeiwert Cs	Gesamtfläche Einzugsgebiet AE	Summe abflusswirksamen Flächen ACs
11	D	~	1,0	339,467 m²	306,573 m²
12	4	4	3,9	339,467 m²	306,573 m²
12.1	D	1			
12.2	D	2			
12.3	D	3			
12.4	D	4			
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					

Abb. 28: Ausschnitt aus der Berechnungstabelle in Vectorworks, in dem über einen Objektfilter alle Räume mit dem Wert *D* im Datenbankfeld *EWA* der Datenbank „DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen“ gefiltert werden. (Eigene Darstellung, Vectorworks 2024)

Die Eigenschaften der einzelnen Objekte werden in der darüberliegenden, blau hinterlegten Zeile elf für alle angeschlossenen Einzugsräume zusammengeführt. Die für die Berechnung erforderlichen Eingabedaten aus den Datensätzen der Modellelemente werden ebenfalls in Blau aufgelistet, während die darauf basierenden Ergebnisse für *AE* und *ACs* in Rot dargestellt werden. Lediglich die Bezeichnung der *EWA* (gelb markiert) muss in der blau hinterlegten Zeile elf manuell eingetragen werden. Sie wird nicht aus den Objektfiltern ausgelesen, da ihre Werte lediglich summiert und als Ziffer ausgegeben werden (siehe Abb. 28). Der Titel der jeweiligen Abschnitte passt sich automatisch an die manuelle Eingabe an und dient als Überprüfung, ob die korrekte *EWA* angegeben wurde.

Der Tabellenabschnitt *Maße und Daten von Rinne D* bezieht sich auf die Entwässerungsanlage selbst. In Zeile 20 werden über den Objektfilter die entsprechenden Rinnen aufgelistet. Dabei handelt es sich um alle Modellelemente, welche mit der Datenbank *DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne* verknüpft sind und denen der Wert *D* im Datenbankfeld *EWA* der Datenbank zugeordnet wurde. In Blau werden erneut alle relevanten Eingabedaten dargestellt, während die darauf basierenden Ergebnisse in Rot ausgegeben werden (siehe Anhang 1.4). Zusätzlich ist

die verwendete Gleichung 20 aus der *DIN 1986-100* angegeben, um das Verständnis und die Nachvollziehbarkeit zu erleichtern (siehe Anhang 1.4). Die Gleichung wurde dabei um das Speichervolumen (V_s) der Rinne erweitert. Dadurch wird ausschließlich das Volumen bestimmt, welches sich bei einem Starkregenereignis tatsächlich an der Oberfläche der Rinne anstauen würde.

Unter *Örtliche Regendaten mit einer Regenhäufigkeit von 2 und 30 Jahren* werden die im Dokument befindlichen Polygone der *KOSTRA-DWD-Niederschlagsdaten* aufgeführt. Dabei handelt es sich um alle nicht gelöschten Polygone aus dem Shape-Import, die mit der Datenbank *DB_KOSTRA-DWD-2020_RN* verknüpft sind (siehe Abschnitt 3.3.3). Für die Ausgabe der maßgebenden Regenspenden mit einer Wiederkehrhäufigkeit von 2 und 30 Jahren gemäß *DIN 1986-100* wird für jede Regenspende ein Objektfilter erstellt. Das ermöglicht die Berechnung möglicher Durchschnittswerte pro Zeile, wie im Abschnitt 3.3.3 beschrieben wurde. Diese Regenspende ist für die Berechnung des Rückhaltevolumens erforderlich und wird der jeweiligen Entwässerungsanlagen über den Datenmanager zugewiesen, damit die Information der maßgebenden Regenspende im *IFC-Format* exportiert werden können (siehe Tabelle 4). Da die Polygone mit den *KOSTRA-DWD-Daten* keine dreidimensionalen Informationen enthalten, sind sie selbst kein Bestandteil des Fachmodells.

Im letzten Abschnitt der Tabelle *Rückhaltevolumen von Rinne D* wird über den Objektfilter das Modellelement ausgelesen, welches das maximal mögliche Rückhaltevolumen für diese Anlage definiert. Da sich diese Rinnen an der Grundstücksgrenze befinden und in diesem Bereich kein schadloses Überfluten möglich ist, wurde für diese Anlage kein Rückhaltevolumen modelliert. Das anfallende Regenwasser muss somit vollständig durch das V_s der Rinnen aufgenommen werden. Ob das anfallende Regenwasser bei Starkregenereignissen von den Rinnen aufgenommen werden kann, wird an dieser Stelle überprüft, indem das maximal mögliche Rückhaltevolumen mit dem erforderlichen Rückhaltevolumen verglichen wird. Es ergibt sich eine prozentuale Angabe des ausgeschöpften Rückhaltevolumens (siehe Anhang 1.4).

4.1.2 Aufbau und Funktionsweise der Berechnungstabellen für Rigolen

Am Beispiel der Tabelle *Berechnungen_Rigole-A_DWA-A_138-1* wird der Aufbau und die Funktionsweise der verwendeten Tabelle für die Entwässerungseinrichtung Rigole erläutert.

Für die Durchführung des Überflutungsnachweis im einfachen Verfahren gemäß *DWA-A 138-1* ist zunächst zu prüfen, ob die entsprechenden Bedingungen erfüllt sind. Im ersten Abschnitt der Tabelle *Bedingungen für einfaches Verfahren* werden diese Kriterien detailliert geprüft. Die automatisch ausgelesenen Eingabedaten aus dem Datensatz der Objekte sind ebenfalls in Blau hervorgehoben, während die ermittelten Ergebnisse in Rot dargestellt werden. Manuell einzutragende Werte sind Gelb markiert. Die Tabelle zeigt durch ein Häkchen hinter den jeweiligen Werten an, wenn eine Bedingung erfüllt ist.

Nachfolgend wird wie in der Tabelle *Berechnungen_Rinne-D_DIN_1986-100* die abflusswirksame Fläche ermittelt, nur dass an dieser Stelle nach dem Datenbankfeld *EWA* mit dem Wert A gefiltert wurde. Darüber hinaus wird die abflusswirksame Fläche basierend auf dem mittleren Abflussbeiwert (*Cm*) berechnet, da dieser für die Dimensionierung der Rigole erforderlich ist.

Im Tabellenabschnitt *Maße und Daten von Rigole A* wird wiederum die Rigole selbst aufgeführt. In Zeile 29 wird mithilfe des Objektfilters das entsprechende Objekt aufgelistet, welches die Rigole A repräsentiert. Dabei werden alle Modellelemente berücksichtigt, denen im Datenbankfeld *EWA* der Datenbank *DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole* der Wert A zugeordnet ist. Für die Dimensionierung der Rigole wird auf die Gleichung 23 aus dem *DWA-A 138-1* zurückgegriffen. Hierfür wird die benötigte Länge der Rigole anhand der angegebenen Breite und Höhe berechnet. Hierbei muss die maßgebende Regenspende iterativ ermittelt werden, was im Abschnitt *Berechnung der erforderlichen Rigolenlänge LR* der Tabelle erfolgt. Das Vorgehen entspricht dabei dem in Abschnitt 4.1.1 beschriebenen Ablauf. Im Unterschied dazu müssen für die iterative Bestimmung jedoch alle Dauerstufen mit

den zugehörigen Regenspenden aus den *KOSTRA-DWD-Daten* aufgelistet werden, welche der Berechnung der Rigolenlänge zugrunde liegen. Hierfür wird die Gleichung 23 des *DWA-A 138-1* verwendet, die in Spalte E der entsprechenden Zeile angewendet wird. Der Maximalwert aller Ergebnisse in Spalte E entspricht der erforderlichen Länge der Rigole und wird in Zelle L28 ausgegeben. Die maßgebende Regenspende und Dauerstufe wird dabei unterhalb in Zelle L31 und L33 angegeben, welche für weitere Berechnungen herangezogen werden (siehe Anhang 1.1).

Ein ähnliches Vorgehen wird im Abschnitt Berechnung des Rückhaltevolumens der Tabelle angewendet, wobei hier das maximal benötigte Rückhaltevolumen nach Gleichung 10 ermittelt wird. Der bei der iterativen Berechnung ermittelte Maximalwert wird in Zelle K28 ausgegeben, negative Ergebnisse werden gemäß *DWA-A 138-1* auf null gesetzt. Die maßgebende Regenspende sowie die zugehörige Dauerstufe werden in den Zellen K31 und K33 angegeben und für weitere Berechnungen genutzt.

Im letzten Tabellenabschnitt *Rückhaltevolumen von Rigole A* wird – analog zur Vorgehensweise bei Tabelle *Berechnungen_Rinne-D_DIN_1986-100* – mithilfe des Objektfilters das Modellelement ausgelesen, was das maximal mögliche Rückhaltevolumen dieser Anlage definiert. Dabei handelt es sich um alle Modellelemente, denen der Wert A im Datenbankfeld *EWA* der Datenbank *DB_Ueberflutungsnachweis_Rueckhaltevolumen* zugeordnet ist. Daraus ergibt sich ein maximales Rückhaltevolumen von 38,8 Kubikmeter für diese Entwässerungsanlage. Das anfallende Regenwasser eines Starkregenereignisses, welches nicht durch das V_s der Rigole aufgenommen werden kann, darf somit das maximale Rückhaltevolumen nicht überschreiten, um ein schadloses Überfluten zu gewährleisten.

4.1.3 Aufbau und Funktionsweise der Berechnungstabellen für Mulden

Am Beispiel der *Tabelle Berechnungen_Mulde-B_DWA-A_138-1* wird der Aufbau und die Funktionsweise der verwendeten Tabelle für die Entwässerungsanlage Mulde erläutert.

Der Aufbau der Tabelle orientiert sich grundsätzlich an der Struktur der Tabelle für die Entwässerungsanlage Rigole (siehe Abschnitt 4.1.2), da das grundlegende Vorgehen und die benötigten Eingabedaten für beide Entwässerungsanlagen ähnlich sind. Unterschiede ergeben sich lediglich für *Maße und Daten von Mulde B*, da dort die Eingabedaten und Gleichungen spezifisch für die Mulde aus der *DWA-A 138-1* abgeleitet sind.

Während in der Tabelle für die Rigole die Dimensionierung auf der benötigten Länge basiert, erfolgt die Dimensionierung der Mulde primär anhand ihres erforderlichen Speichervolums (*VVA*). Hierfür werden spezifische Parameter wie die überregnete Fläche (*AVA*) oder die mittlere Versickerungsfläche (*A_{s,m}*) der Mulde herangezogen. Die Berechnung des *VVA* erfolgt ebenfalls iterativ mithilfe der Regenspenden aus den *KOSTRA-DWD-Daten*, wobei die Gleichungen 14 aus der *DWA-A 138-1* zur Anwendung kommen (siehe Anhang 1.2).

4.2 Validierung der Methodik am Beispiel des Referenzprojekts

In diesem Abschnitt wird dargestellt, wie die in Tabelle 2 erzeugten intelligenten Objekte in Verbindung mit den im Datenmanager festgelegten Einstellungen (siehe Tabellen 3 bis 7) und den beschriebenen Berechnungstabellen (siehe Anhang 1) am konkreten Beispiel des Referenzprojekts wirksam werden. Zur Veranschaulichung dient die Rigole als exemplarisches Element, während die übrigen Berechnungen im Anhang 1 dokumentiert sind. Es ist zu beachten, dass sich die Berechnungen in den Tabellen bei Änderungen an den Modellelementen erst dann aktualisieren, wenn die entsprechende Tabelle geöffnet und manuell über „Daten“ und „Aktive Tabelle aktualisieren“ aktualisiert wurde.

Die Gesamtfläche der an Rigole A angeschlossenen Einzugsräume – sprich des Einzugsgebiets A – beträgt rund 1621 Quadratmeter und liegt damit deutlich unter der maximal zulässigen Fläche von 200 Hektar, womit die erste Bedingung für die Durchführung des einfachen Verfahrens erfüllt ist. Die maximale Fließzeit kann zum jetzigen Planungsstand nicht eindeutig bestimmt werden. Es ist allerdings davon auszugehen, dass bei der Größe und der Verteilung des Einzugsgebiets A die maximale Fließzeit von 15 Minuten nicht überschritten wird. Die Schutzkategorie wurde nach dem *DWA-A 183-1* (Tabelle 8) auf drei (stark) festgelegt, da es sich im Projekt um ein Wohngebäude mit genutzten Untergeschossen handelt. Das entspricht einer Bemessungshäufigkeit des Speichervolumens von fünf Jahren, womit die dritte Bedingung für das Durchführen des einfachen Verfahrens erfüllt ist. Die Mindest-Versickerungsleistung (q_S) ist mit 2,7 l/(s·ha) größer gleich zwei und erfüllt somit ebenfalls die Bedingung für das einfache Verfahren. Alle Bedingungen für die Durchführung des einfachen Verfahrens sind damit erfüllt, und die Ergebnisse aus den Berechnungen der Tabelle *Berechnungen_Rinne-D_DIN_1986-100* gelten als valide.

Basierend auf den Flächenarten und den daraus resultierenden Abflussbeiwerten gemäß *DIN 1986-100* sowie der gesamten angeschlossenen Fläche (AE), ergeben sich für das Einzugsgebiet A eine abflusswirksame Fläche von 725,04 Quadratmeter bei

durchschnittlichen Verhältnissen (AC_m) und 1.020,55 Kubikmeter bei Starkregenereignissen (AC_s).

Für die iterative Berechnung der erforderlichen Länge der Rigole (LR) nach Gleichung 23 wird gemäß der gewählten Schutzkategorie eine Bemessungshäufigkeit (n) von fünf Jahren angesetzt. Auf dieser Grundlage sowie unter Berücksichtigung des mittleren Abflussbeiwerts (C_m) ergibt sich eine Mindestlänge der Rigole von 7,28 Metern. Das hieraus resultierende erforderliche Speichervolumen (VVA) nach Gleichung 8 beträgt 29,80 Kubikmeter. Wird die Rigole entsprechend diesen Angaben modelliert, übersteigt das anfallende Regenwasser das maximal mögliche Rückhaltevolumen jedoch um 15 Prozent. Dies erfordert, dass die Rigole größer dimensioniert werden muss, als es die Mindestanforderungen gemäß *DWA-A 138-1* für die Dimensionierung vorsehen, um das maximal mögliche Rückhaltevolumen an der Oberfläche nicht zu überschreiten.

Bei der iterativen Berechnung des erforderlichen Rückhaltevolumens ($VRueckSOLL$) nach Gleichung 10 wird gemäß der gewählten Schutzkategorie eine Überflutungshäufigkeit (n) von 30 Jahren angesetzt. Bei einer gewählten Länge der Rigole von 8,50 Metern ergibt die iterative Berechnung ein erforderliches Rückhaltevolumen ($VRueckSOLL$) von 36,17 Kubikmeter, während das maximal mögliche Rückhaltevolumen ($VRueckIST$) etwa 38,80 Kubikmeter beträgt. Somit ist die Rigole mit einer Auslastung von rund 93 Prozent des maximal möglichen angeschlossenen Rückhaltevolumens für ein Starkregenereignis mit einer statistischen Wiederkehrhäufigkeit von 30 Jahren ausreichend dimensioniert. Das anfallende Wasser kann in einer solchen Situation durch das bereitgestellte Rückhaltevolumen vollständig und schadlos zurückgehalten werden (siehe Anhang 1.1).

4.3 Export des Fachmodells in das IFC-Format

Die Klassifizierung der Modellelemente basiert auf dem Merkmalskatalog aus der Vorstandardisierungsarbeit des *bSD* (vgl. Brückner und Pietsch, 2024). Für einen späteren IFC-Export müssen jedoch die standardisierten Klassen der aktuellen IFC-Version 4.3 verwendet werden. Aus diesem Grund werden diese ebenfalls in der Attributmatrix (siehe Tabelle 1) aufgeführt und im Fachmodell berücksichtigt, indem sie den entsprechenden Objekttypen im Datenmanager zugewiesen werden. Die Zuordnung erfolgt bestmöglich auf Basis der verfügbaren Klassen der aktuellen IFC-Version und orientiert sich sowohl am Merkmalskatalog des *bSD* als auch an dem hier vorgeschlagenen IFC-4.3-Mapping (vgl. buildingSMART Deutschland, 2024).

Objekte, die diesem Schema nicht eindeutig zugeordnet werden können, müssen einer passenden *Entity* (product) aus der Liste von *buildingSMART International (bSI)* entsprechend ihrer Beschreibung zugewiesen werden (vgl. buildingSMART International, 2025a). Alle weiteren Objekte, die keiner *Entity* eindeutig zugeordnet werden können, sind als Sonderbauteile der Klasse *IfcProxy* zuzuweisen.

4.3.1 Zuweisen der IFC-Klassen (Entities)

Über den Datenmanager in *Vectorworks* können Objekttypen nicht nur mit Datenbanken verknüpft, sondern auch die entsprechenden IFC-Klassen zugewiesen werden. Dies erfolgt analog zur Zuweisung von Datenbanken über den Button „Hinzufügen“. Im Abschnitt „IFC-Objekttypen (Entities)“ kann die für den jeweiligen Objekttyp geeignete *Entity* aus der Attributmatrix (siehe Tabelle 1) ausgewählt und zugeordnet werden.

Dabei wird größtenteils auf das vorgeschlagene IFC-4.3-Mapping des *bSD* zurückgegriffen. Lediglich die für den Überflutungsnachweis relevanten Entwässerungsanlagen werden gesondert betrachtet. Rigolen und Mulden sind in der Merkmalsliste nicht aufgeführt und müssen daher manuell einer geeigneten IFC-Klasse

zugewiesen werden (vgl. buildingSMART Deutschland 2024). Als passend erscheint die Klasse *IfcWasteTerminal*, welche wie folgt definiert wird:

“A waste terminal has the purpose of collecting or intercepting waste from one or more sanitary terminals or other fluid waste generating equipment and discharging it into a single waste/drainage system.” (buildingSMART International o. D. b)

Rinnen werden nach dem IFC-Mapping des *bSD* der IFC-Klasse *IfcPipeSegment* zugeordnet. Diese Zuordnung gilt für alle Rinnen im Fachmodell, die nicht für den Überflutungsnachweis relevant sind, da diese Rinnen lediglich der Ableitung von Wasser dienen. Rinnen, die den tiefsten Punkt eines Einzugsgebiets darstellen, werden hingegen ebenfalls der IFC-Klasse *IfcWasteTerminal* zugeordnet. Diese Rinnen fungieren als zentrale Entwässerungsanlagen des jeweiligen Einzugsgebiets, da sie das anfallende Regenwasser vorübergehend in ihrem Speichervolumen sammeln und zurückhalten.

4.3.2 Zuweisen der CPsets

Der Datenmanager erlaubt es zudem, die erforderlichen *CPsets* anzulegen und mit den entsprechenden Objekttypen zu verknüpfen. Dies erfolgt ebenfalls über den Button „Hinzufügen“, welcher ein weiteres Fenster öffnet. In diesem Fenster steht der Button „Eigene Eigenschaftensets (Custom Psets) verwalten“ zur Verfügung, über den eigene *CPsets* erstellt und bearbeitet werden können (siehe Abb. 29). Diese Funktionalität erlaubt die Erstellung der benötigten Eigenschaftensets, einschließlich der zugehörigen Maßtypen, gemäß der Attributmatrix (siehe Tabelle 1).

Eigene Eigenschaftensets verwalten			
Felder:			
#	Name	Datentyp	Einheit
1	01_Entwaesserungsanlage	IfcIdentifier	Keine
2	02_Ueberegnete Flaechе	IfcAreaMeasure	Fläche
3	03_Einstauhoehe	IfcLengthMeasure	Länge
4	04_Mittlere Versickerungsflaeche	IfcAreaMeasure	Fläche
5	05_Speichervolumen	IfcVolumeMeasure	Volumen
6	06_Infiltrationsrate des Bodens [m/s]	IfcLinearVelocityMeasure	Keine
7	07_Zuschlagsfaktor	IfcReal	Keine
8	08_Gesamtflaeche des Einzugebiets	IfcAreaMeasure	Fläche
9	09_Summe abflusswirksamer Fläche	IfcAreaMeasure	Fläche
10	10_Zufluss der abflusswirksamen Fläche [l/s]	IfcVolumetricFlowRateMeasure	Keine
11	11_Maßgebende Regenspende [l/(s-ha)]	IfcReal	Keine
12	12_Maßgebende Dauer des Bemessungsregens [min]	IfcTimeMeasure	Zeit
13	13_Maßgebende statistische Wiederkerhaeufigkeit [Jahr]	IfcTimeMeasure	Zeit
14	14_Versickerungsleistung [l/s]	IfcVolumetricFlowRateMeasure	Keine
15	15_Erforderliches Rueckhaltevolumen	IfcVolumeMeasure	Volumen
16	16_Erfordeliches Speichervolumen	IfcVolumeMeasure	Volumen

Abb. 29: Erstellung und Bearbeitung eines eigenen *CPsets* im Datenmanager für den IFC-Export. (Eigene Darstellung, Vectorworks 2024)

Die hinzugefügten *CPsets* müssen nun im Datenmanager in der mittleren Spalte den entsprechenden Datenfeldern der zugehörigen Datenbank zugeordnet werden. Dies erfolgt, wie bereits bekannt, über den Button „Zuordnung“. Hierbei genügt eine einfache Formel, die auf das entsprechende Datenbankfeld verweist, um dessen Wert für die jeweilige Eigenschaft im *CPset* zu übernehmen. Diese Zuordnung stellt sicher, dass die Werte im späteren IFC-Export korrekt in das entsprechende Format übertragen werden.

4.3.3 Exportkontrolle mit BIM-Prüfsoftware

Nach der Zuweisung der IFC-Klassen und *CPsets* im Fachmodell erfolgt die Exportkontrolle beispielhaft in der BIM-Prüfsoftware *Solibri*, um sicherzustellen, dass die Modellelemente den Anforderungen des IFC-Standards entsprechen. Das Gebäude wird hierbei nicht exportiert, da es nicht Bestandteil des Fachmodells *Freianlagen* ist. Lediglich die Dachbegrünung wird exportiert, da sie im Referenzprojekt von den Landschaftsarchitekten geplant wurde und somit zum Fachmodell *Freianlagen* gehört.

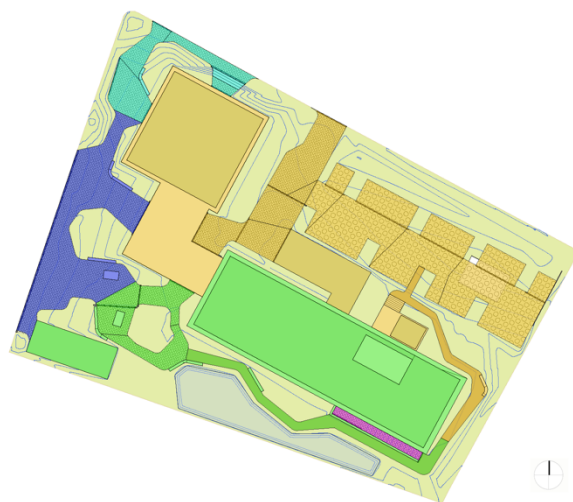
BIM-Prüfsoftwares ermöglichen die Kontrolle auf Konsistenz und Vollständigkeit des IFC-Exports, indem sie die korrekte Zuordnung der IFC-Klassen, *CPsets* und deren Eigenschaften gemäß der definierten Attributmatrix (siehe Tabelle 1) validieren. Ein zentraler Aspekt hierbei ist die Kontrolle potenzieller Modellierungsfehler, wie beispielsweise nicht vollständig definierter Einzugsgebiete. Dadurch wird sichergestellt, dass der Überflutungsnachweis sowie andere projektspezifische Anforderungen im digitalen Modell korrekt umgesetzt sind. Darüber hinaus kann BIM-Prüfsoftware genutzt werden, um sicherzustellen, dass alle erforderlichen Eigenschaften den jeweiligen Objekttypen korrekt zugewiesen wurden. Zusätzlich wird kontrolliert, ob die Maßtypen ausreichend dokumentiert und diesen die richtigen Einheiten zugeordnet sind.

Am Beispiel von *Solibri* wurde festgestellt, dass es beim Export des Fachmodells zu einer fehlerhaften Ausgabe der Infiltrationsrate kommt. Diese wird aufgrund ihres geringen Wertes von 5e-06 von *Solibri* fälschlicherweise auf null gerundet, was über die Einstellungen nicht behoben werden konnte. Es ist jedoch möglich, dass andere BIM-Prüfsoftware diesen Wert korrekt verarbeitet. Ein denkbarer Lösungsansatz wäre, diesen Wert als String zu exportieren. Dies sollte jedoch vermieden werden, da nur numerische Werte mathematisch weiterverarbeitet und ausgewertet werden können.

TEIL III: DISKUSSION UND FAZIT

5 Analyse und Reflexion der Methodik

Nach der Durchführung des modellbasierten Überflutungsnachweises konnte festgestellt werden, dass sich die vorliegenden Ergebnisse nur eingeschränkt mit dem Referenzprojekt vergleichen lassen, da in diesem keine Einteilung der zu entwässernden Flächen in spezifische Einzugsräume erfolgte. Somit ist die Zuordnung der angeschlossenen Bereiche an die Rigole nur bedingt nachvollziehbar (siehe Anhang 2). Außerdem beschränkte sich der im Referenzprojekt durchgeführte



Einzugsräume nach Einzugsgebiet	Fläche (AE)	Fläche (ACs)
A – Rigole	1621,33 m²	1020,55 m²
B – Mulde	1124,70 m²	744,17 m²
C – Rinne	137,78 m²	125,08 m²
D – Rinne	339,47 m²	306,57 m²
E – Rinne	28,18 m²	25,36 m²

Abb. 30: Darstellung der Einzugsräume nach Einzugsgebieten mit der Flächenverteilung für die jeweiligen Entwässerungssysteme (Rigole, Mulde, Rinnen). (Eigene Darstellung)

Überflutungsnachweis ausschließlich auf die Versickerungsanlage in Form einer Rigole. Im Gegensatz dazu wurden in der vorliegenden Arbeit verschiedene Szenarien untersucht, um einen umfassenden Einblick in den Anwendungsfall zu gewinnen. Hierfür erfolgte eine Aufteilung der Flächen in unterschiedliche Einzugsräume, welche separat für die jeweiligen Entwässerungsanlagen betrachtet wurden (siehe Abb. 30). Die Einzugsräume sind dabei konsequent nach ihren Flächenarten gemäß der *DIN 1986-100 (Tabelle 9)* definiert. Eine sinnvolle Gegenüberstellung mit dem Vorgehen im Referenzprojekt ist daher kaum noch möglich (siehe Abb. 31).

Darüber hinaus stützt sich der Überflutungsnachweis in dieser Masterarbeit auf das im Oktober 2024 erschienene *DWA-A 138-1* und nicht mehr ausschließlich auf das *ATV-DVWK-A 138*, wie im Referenzprojekt (siehe Anhang 2).



Abb. 31: Vorgegebene Einteilung der Flächen aus dem Referenzprojekt auf der linken Seite, unverändert. (STORCH.LANDSCHAFTSARCHITEKTUR 2024); Einzugsräume nach Flächenarten mit Flächenaufteilung und Abflussbeiwerten gemäß DIN 1986-100 (Tabelle 9) auf der rechten Seite. (Eigene Darstellung)

Die Ergebnisse der Berechnungen wurden daher durch das Ingenieurbüro *ifs* überprüft, welches die rechnerische Korrektheit bestätigt und die praktische Umsetzbarkeit der entwickelten Methodik unterstreicht (siehe Anhang 4.2). Der modellbasierte Überflutungsnachweis hat sich dabei als präzises Instrument erwiesen, welches durch die automatisierte Auswertung relevanter Parameter das Überflutungsvolumen konsistent bewertet und potenzielle Planungsfehler minimiert. Die Ergebnisse belegen die Tragfähigkeit der Methodik und bieten eine solide Grundlage für künftige Projekte. Die Implementierung des Überflutungsnachweises in die BIM-Methodik hebt dabei erhebliche Automatisierungspotenziale hervor, die sowohl die Planungseffizienz steigern als auch die Qualität und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse verbessern können. Im weiteren Verlauf werden die zentralen Ergebnisse, Potenziale, Herausforderungen sowie spezifischen Anforderungen dieser Methodik detailliert erörtert.

5.1 Auswirkungen auf den Planungsprozess

Durch die realisierte Integration der *KOSTRA-DWD-Daten* in das Fachmodell entfällt die Notwendigkeit, diese Daten manuell zu erfassen oder zwischen verschiedenen Softwarelösungen zu übertragen. Die Arbeit zeigt, dass somit die Berechnungen des Überflutungsnachweises automatisiert direkt im Modell durchgeführt und die zugehörigen Daten zentral an einem Ort verwaltet und ausgewertet werden können. Dies gestaltet die Nachweisführung transparenter und ermöglicht eine insgesamt fundiertere Herleitung von Entwurfsentscheidungen.

Mithilfe des beiliegenden Fachmodells lässt sich nachvollziehen, dass nachträgliche Designentscheidungen im Entwurfsprozess, wie beispielsweise Änderungen der Größe oder Flächenart der Einzugsräume sowie Anpassungen an die Dimensionierung von Versickerungsanlagen, nach der Aktualisierung der zugrundeliegenden Berechnungstabelle automatisch zu einer Anpassung aller damit verbundenen Berechnungen führen. Hierdurch lässt sich unmittelbar beurteilen, wie sich diese Veränderungen auf das benötigte Rückhaltevolumen auswirken und welche Anpassungen an der Dimensionierung der Entwässerungsanlagen oder der Höhenplanung erforderlich sind, um bei Bedarf das maximal mögliche Rückhaltevolumen durch den Einsatz von Hochborden oder ähnlichen Maßnahmen zu erhöhen. Planende erhalten folglich eine unmittelbare Rückkopplung, was präzise und transparente Entscheidungsprozesse und die Validierung von gestalterischen Veränderungen im Projekt in Echtzeit ermöglicht. Dabei steigt jedoch zugleich der Anspruch an die Datenqualität: Parameter wie Bodenbeschaffenheit, Niederschlagsmengen, befestigte Flächen und Geländeneigungen müssen präzise erfasst werden. Ein konsistenter, in BIM eingebetteter Datenbestand reduziert das Risiko von Planungsfehlern, erfordert jedoch gleichzeitig eine konsequente und sorgfältige Datenerhebung und Pflege dieser Daten.

Hierbei stellt sich die Frage, wie der modellbasierte Überflutungsnachweis sinnvoll in bestimmte Leistungsphasen gemäß der *HOAI* integriert werden kann. Es wäre vorteilhaft, bereits in frühen Planungsphasen einen ersten modellbasierten

Überflutungsnachweis durchzuführen, um potenzielle Überflutungsrisiken frühzeitig zu identifizieren. Dies begünstigt wiederum das erforderliche *LOG 200*, welches bereits in frühen Leistungsphasen erreicht wird. Dieses Spannungsfeld erfordert eine abgestimmte Vorgehensweise zwischen allen Projektbeteiligten, welche im *BAP* festgehalten werden muss, um den Zeitpunkt und den Detaillierungsgrad der Datenaufnahme zu klären.

Des Weiteren muss erwähnt werden, dass die Verwendung einer herstellerspezifischen Rinne im Fachmodell hinsichtlich der Produktneutralität problematisch sein könnte, insbesondere wenn es um eine standardisierte BIM-Methodik geht. Die Integration eines bestimmten Rinnensystems bedeutet, dass die Modellierung und Berechnungen auf die spezifischen Eigenschaften dieses Produkts ausgerichtet sind, was die Übertragbarkeit der Methodik auf andere Projekte oder alternative Rinnenprodukte einschränken kann. Anstatt eine spezifische Rinne eines Herstellers zu verwenden, könnte jedoch ein herstellerunabhängiges Rinnenmodell entwickelt werden, das flexibel verschiedene Rinnengeometrien und Speichervolumina abbilden kann.

Außerdem wurde festgestellt, dass es in der aktuellen Praxis häufig zu Problemen bei der Übergabe von Daten zwischen Landschaftsarchitekten und Ingenieuren kommt. Die BIM-Methodik kann hierbei eine standardisierte Schnittstelle schaffen, die den Datenaustausch erleichtert und sicherstellt, dass alle Beteiligten mit den gleichen Informationen arbeiten. Eine wichtige Schnittstelle betrifft die eindeutige Definition und Übergabe der angeschlossenen Flächen mit ihrer Größe und den verwendeten Flächenarten. Die im BIM-Prozess erzeugten intelligenten Objekte erlauben eine einfache und vollständige Übergabe an die Fachplanenden, wenn der Überflutungsnachweis im einfachen Verfahren nicht möglich sein sollte.

So zeigt sich die praktische Relevanz des modellbasierten Überflutungsnachweises in der Möglichkeit der verbesserten interdisziplinären Zusammenarbeit verschiedener Fachdisziplinen. *BIM* bietet mit dem IFC-Standard ein offenes Format, das den Austausch von Fachmodellen zwischen Landschaftsarchitekten, Architekten und weiteren Beteiligten ermöglicht. So können beispielsweise Architekten bereits wichtige

Informationen zur abflusswirksamen Fläche der Dächer samt der Positionierung der Abläufe liefern, welche dann in die Entwässerungsplanung der Fachmodelle der Landschaftsarchitekten mit einfließen.

Darüber hinaus wurde festgestellt, dass es zwischen der *DIN 1986-100* und dem *DWA-A 138-1* uneindeutige Regelungen zur Berücksichtigung unbefestigter Flächen für die Ermittlung des Überflutungsnachweises gibt. Diese legen nicht eindeutig fest, unter welchen Bedingungen unbefestigte Bereiche in die Berechnungen einzubeziehen sind. Der Einfluss solcher Flächen hängt von Faktoren wie Bodenbeschaffenheit, Vegetation und Geländegefälle ab. Insbesondere bei steilem Gefälle oder wasserundurchlässigen Böden ist die Versickerung begrenzt. Einheitliche Kriterien ab wann diese Flächen berücksichtigt werden müssen fehlen, was zur Folge hat, dass in den beispielhaften Berechnungen des Fachmodells zunächst keine unbefestigten Flächen berücksichtigt wurden, was für zukünftige Projekte jedoch durchaus sinnvoll wäre.

Zusätzlich werden Fassadenflächen im vereinfachten Verfahren nicht berücksichtigt, obwohl sie bei hohen oder ausgedehnten Gebäuden signifikant zum Regenwasseraufkommen beitragen können. Da diese Flächen je nach Projekt unterschiedlich relevant sind, erfordert ihre Einbeziehung eine individuelle Bewertung. In Fällen mit hohem Fassadenwasseraufkommen könnte daher eine detaillierte Simulation im Rahmen eines umfassenderen Nachweisverfahrens notwendig sein. Würden diese Flächen jedoch auch in den hier verwendeten Regelwerken für das einfache Verfahren Berücksichtigung finden, könnten sie ebenfalls im modellbasierten Überflutungsnachweis integriert werden.

Diese Potenziale sind ohne erheblichen Mehraufwand allerdings nur zu erreichen, wenn ohnehin das Projekt von vornherein vollumfassend mittels der BIM-Methodik geplant wird. Hierbei birgt die Implementierung eines modellbasierten Überflutungsnachweises in die BIM-Methodik des landschaftsarchitektonischen Entwurfsprozesses eine Vielzahl von Herausforderungen. Diese ergeben sich insbesondere aus fehlenden Standardisierungen im IFC-Format, Herausforderungen bei der Integration des modellbasierten Überflutungsnachweises in bestehende Planungsprozesse sowie technischen Limitationen der vorhandenen Software.

5.2 Anforderungen an Autorensoftware und digitale Planungstools

Obwohl Autorensoftware aus anderen Branchen über Werkzeuge verfügt, die eine effiziente Planung von BIM-konformen Versickerungsanlagen ermöglichen – wie bereits in Punkt 2.1.2 dargelegt wurde – sind diese primär auf ingenieurtechnische Anwendungen ausgerichtet. Die im Rahmen dieser Arbeit eingesetzte Autorensoftware ist explizit für die Anwendung in der Freiraumplanung konzipiert, stellt jedoch derzeit keine umfassende Lösung zur Verfügung, die alle Anforderungen für einen modellbasierten Überflutungsnachweis erfüllt (siehe Tabelle 2). Ein zentrales Problem besteht in der fehlenden Verfügbarkeit spezialisierter Tools, die die spezifischen Anforderungen dieses Anwendungsfalls abdecken. Zwar bieten Standardwerkzeuge wie Belag/Weg oder das Geländemodell gewisse Einsatzmöglichkeiten, jedoch erfordert das Anlegen von Rückhaltevolumen oder Mulden sowie die Erfassung ihrer geometrischen Eigenschaften erhebliche manuelle Eingriffe.

Dies führt zu einem erhöhten Modellierungs- und Datenerhebungsaufwand und steigert die Fehleranfälligkeit. Ein weiteres kritisches Hindernis entsteht bei der Nutzung alternativer Tools, wie etwa dem Einsatz des Objekttyps *Straße (Gerade)* für Rigolen. Wird dieser im Datenmanager zur Verwaltung der Versickerungsanlage eingebunden, unterbricht dies die ursprüngliche Datenverwaltung des betreffenden Objekts. Dadurch können sowohl die Konsistenz als auch die Effizienz der Datenverwaltung in bestehenden BIM-Prozessen erheblich beeinträchtigt und die Planung negativ beeinflusst werden.

Die zentrale Problematik, die sich aus der begrenzten Verfügbarkeit spezialisierter Tools ergibt, liegt in der fehlenden Automatisierung wesentlicher Prozesse. Tools, welche intelligente Objekte erzeugen, die auf Grundlage ihrer Geometrie automatisch erforderliche Eigenschaften wie die mittlere Versickerungsfläche der Mulde oder ihr Speichervolumen ermitteln, würden eine deutliche Effizienzsteigerung bieten. Derzeit müssen diese Objekte manuell modelliert und ihre Werte händisch in der Infopalette eingetragen werden, was nicht nur zu Zeitverlusten führt, sondern auch die Konsistenz der Modellinformationen beeinträchtigen kann.

Darüber hinaus ist die Entwicklung eines speziell auf das Regenmanagement zugeschnittene Einzugsraum-Tool für die Landschaftsarchitektur essenziell. Das daraus erzeugte Objekt sollte in der Lage sein, die Flächeninformationen der im Einzugsraum befindlichen Objekte effizient abzufragen und bereitzustellen. Eine Erweiterung des Raum-Tools, die es ermöglicht, Flächen mit spezifischen hydrologischen Eigenschaften wie dem Abflussbeiwert oder der überregneten Fläche direkt zu erkennen und diese Daten automatisch in das Datenset des Einzugsraums zu übertragen, würde die Arbeitsabläufe erheblich vereinfachen. Eine dynamische Verknüpfung der Objekte könnte sicherstellen, dass ihre Eigenschaften konsistent und fehlerfrei in den Überflutungsnachweis integriert werden. Dadurch wäre keine weitere manuelle Bearbeitung der Einzugsräume erforderlich, da sie beispielsweise durch eine Verknüpfung mit den befestigten Flächen automatisch auf deren Veränderungen reagieren und sich entsprechend anpassen würden. Daher sollte eine zukünftige Entwicklung die Bereitstellung spezialisierter Tools und intelligenter Objekte umfassen, die sowohl die Modellierung als auch die automatisierte Erfassung der relevanten Eigenschaften erleichtern.

Zusätzlich zu den zuvor beschriebenen Anforderungen an spezialisierte Tools, erfordert auch die Modellierung des Geländes ein hohes Maß an Detailtiefe, damit die Fließrichtungen des Wassers plausibel erfasst und transparent abgebildet werden können. Warnmeldungen bei Konflikten, etwa bei einem ungeplanten Abfluss in benachbarte Grundstücke, könnten die Planungssicherheit hierbei erhöhen, indem sie potenzielle Problemstellen frühzeitig aufzeigen und eine gezielte Anpassung der Planung erlauben.

Vor diesem Hintergrund ist ebenso die Plausibilitätsprüfung der Ergebnisse essenziell, um die Zuverlässigkeit des modellbasierten Überflutungsnachweises zu sichern. Eine integrierte Plausibilitätsfunktion innerhalb der Software könnte beispielsweise automatisch überprüfen, ob modellierte Rückhaltevolumina, Gefälle und Entwässerungsanlagen miteinander vereinbar sind, und dabei eventuelle Unstimmigkeiten hervorheben. Damit würden mögliche Planungsfehler frühzeitig erkannt und ließen sich durch eine automatisierte Rückkopplung mit den spezialisierten Tools und intelligenten Objekten deutlich effizienter beheben.

5.3 Datenbank- und Prozessoptimierung

Im Rahmen dieser Arbeit wurde lediglich das Starkregenereignis mit einer Wiederkehrhäufigkeit von 30 Jahren betrachtet. Dementsprechend sind die Berechnungstabellen angelegt, welche keine Unterscheidung der Wiederkehrhäufigkeit vornehmen. Bei zukünftigen Projekten, bei denen Starkregenereignis mit einer Wiederkehrhäufigkeit von 100 Jahren betrachtet werden, müssten diese Tabellen also entsprechend angepasst und erweitert werden. Dies umfasst gegebenenfalls auch die Bearbeitung der Datenbankstruktur der Datenbank *DB_KOSTRA-DWD-2020_RN*.

Zudem kann untersucht werden, inwieweit die vom *DWD* bereitgestellten individuellen, standortbezogenen Unsicherheitsbereiche in diese Datenbank integriert werden können, um den manuell festgelegten Zuschlagsfaktor zu ersetzen und die Berechnungen präziser und dynamischer zu gestalten.

Des Weiteren wurde im Rahmen dieser Arbeit die *überregneten Flächen (AVA)* der Rinnen aufgrund der geringen Flächengröße und der nahezu identischen Abflussbeiwerte zwischen Rinne und Betonsteinpflaster vernachlässigt. Für noch präzisere Berechnungen könnte der hier entwickelte modellbasierte Überflutungsnachweis um die Berücksichtigung der *AVA* der Rinnen erweitert werden. Dabei ließe sich die tatsächliche Abweichung erfassen und fundiert beurteilen, ob die *AVA* im Rahmen des vereinfachten Verfahrens berücksichtigt werden sollten oder vernachlässigbar sind.

6 Fazit und Ausblick

Die kritische Analyse in Kapitel 5 zeigte, dass der modellbasierte Überflutungsnachweis durch die Integration der BIM-Methodik in die Landschaftsarchitektur erhebliche Potenziale zur Verbesserung der Planungsgenauigkeit und -effizienz bietet. Insbesondere die standardisierte Verwaltung und Verarbeitung von Niederschlagsdaten sowie die Automatisierung von Berechnungen ermöglichen eine präzisere und transparentere Entscheidungsfindung.

Allerdings wurden auch bestehende Herausforderungen identifiziert, darunter technische Limitationen der Software, fehlende Standardisierungen im IFC-Format und der erhöhte Detaillierungsgrad der erforderlichen Daten. Zudem hat sich gezeigt, dass eine klare Definition der Modellstruktur sowie eine frühzeitige Abstimmung zwischen den Beteiligten im Planungsprozess essenziell sind, um den modellbasierten Überflutungsnachweis effektiv in die Praxis zu integrieren.

Dieses Kapitel zieht eine abschließende Bilanz der Arbeit und ordnet die gewonnenen Erkenntnisse im Kontext der Forschungsfragen ein. Zudem werden Perspektiven für die zukünftige Weiterentwicklung der Methodik aufgezeigt, insbesondere im Hinblick auf eine breitere Implementierung in der landschaftsarchitektonischen Praxis und die Verbesserung der digitalen Werkzeuge. Dabei werden Perspektiven aufgezeigt, inwiefern die Ergebnisse dieser Arbeit zur Weiterentwicklung standardisierter BIM-Prozesse für nachhaltige und klimaresiliente Freiraumplanungen beitragen können.

6.1 Beantwortung der Forschungsfragen

Die erste Forschungsfrage bezog sich auf die Integration von Niederschlagsdaten: *Wie können Niederschlagsdaten des Deutschen Wetterdienstes zielgerichtet und systematisch in das Teil-Fachmodell Freianlagen integriert werden, um einen modellbasierten Überflutungsnachweis im landschaftsarchitektonischen Entwurfsprozess zu ermöglichen?*

Es zeigte sich, dass die Integration von Niederschlagsdaten des *DWD* in das Teil-Fachmodell *Freianlagen* einen zentralen Schritt zur Ermöglichung eines modellbasierten Überflutungsnachweises darstellt. Durch die Bereitstellung detaillierter Klimadaten über die *KOSTRA-DWD-Daten* wurde eine präzise und georeferenzierte Grundlage geschaffen, um fundierte Berechnungen zur Wasserrückhaltung direkt im digitalen Modell durchzuführen. Dies bildet nicht nur die Basis für eine effektive Planung von Rückhaltemaßnahmen im Kontext extremer Niederschlagsereignisse, sondern ermöglicht auch eine differenzierte Analyse der regulären Entwässerung, Versickerung, Verdunstung sowie der Bewässerungsplanung im landschaftsarchitektonischen Entwurfsprozess.

Die technische Umsetzung der Datenintegration erfolgte über mehrere methodisch aufeinander abgestimmte Schritte. Zunächst mussten alle Niederschlagswerte der relevanten Dauerstufen zusammengeführt werden. Hierfür wird die Open-Source-Software *QGIS* genutzt, um die unterschiedlichen Dauerstufen räumlich zu verknüpfen und in einem einzigen Datenbestand zusammenzuführen. Dabei wurden sämtliche Niederschlagswerte durch Zuordnung eindeutiger Feldbezeichnungen strukturiert, sodass eine automatisierte Verarbeitung im Fachmodell möglich wird. Die abschließend bereinigten Daten wurden dann als Shape-Datei exportiert und in das Fachmodell integriert. Dabei kamen Polygone im Rasterformat zum Einsatz, welche automatisch mit der dazugehörigen Datenbank *DB_KOSTRA-DWD-2020_RN* verknüpft sind.

Im Fachmodell wurden die benötigten Niederschlagsdaten dann mithilfe von Objektfiltren in den entsprechenden Berechnungstabellen abgefragt. Durch diese

Verknüpfung fließen die Niederschlagsdaten im Rahmen des iterativen Verfahrens dynamisch in die Berechnungen ein. Dies ist insbesondere relevant, um das erforderliche Rückhaltevolumen zu bestimmen, da in Abhängigkeit der Eingabedaten aus den Objektdatensätzen unterschiedliche Rückhaltevolumina resultieren. Die aus den Berechnungen resultierenden maßgebenden Regenspenden und Dauerstufen wurden anschließend den entsprechenden Modellelementen (Entwässerungsanlagen, Rückhaltevolumen) zugeordnet. Diese sind somit Bestandteil des jeweiligen Datensatzes und des Fachmodells.

Die Arbeit zeigte, dass die Integration der Niederschlagsdaten des *DWD*, in das Teil-Fachmodell *Freianlagen* für einen modellbasierten Überflutungsnachweis möglich und sinnvoll ist. Der hierbei erzeugte Datensatz *IFC_DM4x3_Datenmanager-Einstellungen_Ueberflutungsnachweis.xml* bildet eine strukturierte Grundlage für zukünftige Projekte, die den Überflutungsnachweis innerhalb der BIM-Methodik durchführen möchten.

Die Beantwortung der zweiten Forschungsfrage basiert wesentlich auf den Erkenntnissen der ersten Forschungsfrage, welche den Ausgangspunkt für die Entwicklung eines durchgängigen modellbasierten Arbeitsablaufs bildet: *Welche spezifischen Prozesse und digitalen Tools sind am Beispiel der Autorensoftware Vectorworks erforderlich, um innerhalb des landschaftsarchitektonischen Entwurfsprozesses einen modellbasierten Überflutungsnachweis für Außenanlagen zu erstellen?*

Der definierte Prozess zur Erstellung des modellbasierten Überflutungsnachweises ließ sich in mehrere methodisch aufeinander abgestimmte Schritte gliedern, die auf der strukturierten Datenintegration aufbauten. Für das *LOG* war eine einfache konzeptionelle Darstellung der Modellelemente und deren Flächen nach *LOG 200* ausreichend. Dies beinhaltet die präzise Erfassung der geometrischen Eigenschaften der relevanten Modellelemente wie der überregneten Flächen, Einzugsräume und Entwässerungsanlagen wie Rinnen, Mulden und Rigolen. Bezüglich des *LO* wurden die notwendigen alphanumerischen Daten für die Durchführung des modellbasierten Überflutungsnachweis in der Attributmatrix (Tabelle 1) festgehalten.

Diese Eigenschaften sind notwendig, um einen Überflutungsnachweis im einfachen Verfahren nach *DIN 1986-100* und dem *DWA-A 138-1* durchführen zu können. Für die Berechnungen des Überflutungsnachweises wurden Datenbanken für die erforderlichen Eigenschaften angelegt. Die benötigten Werte mussten schließlich mithilfe des Datenmanagers aus den Datensätzen der Objekte und den Ergebnissen der Berechnungstabellen ausgelesen und den Objekten zugewiesen werden. Die hierfür benötigten Formeln wurden in Tabelle 3 bis 7 beschrieben und sind als Datenmanager-Einstellungen beiliegend festgehalten.

Die Erstellung der benötigten Modellelemente erfolgte mithilfe der in *Vectorworks* verfügbaren Tools. Dabei kamen spezifisch geeignete Werkzeuge zum Einsatz. Sollte ein passendes Tool nicht verfügbar sein, wurden alternative Tools oder individuell erstellte Symbole verwendet. Eine Übersicht der für die Modellierung genutzten Tools ist in Tabelle 2 dargestellt.

Die eigentliche Berechnung des Überflutungsnachweises erfolgte mithilfe von Tabellen in *Vectorworks*, welche die integrierten Niederschlagsdaten, die Eigenschaften der Modellelemente und die relevanten Gleichungen aus den Normen (*DIN 1986-100* und *DWA-A 138-1*) kombinierten. Hierbei wurden die Eigenschaften der einzelnen Objekte über Objektfilter aus den Datenbankfeldern ausgelesen. Die Berechnungstabellen sind dabei für Rinnen, Rigolen und Mulden jeweils spezifisch auf die jeweiligen Entwässerungsanlage angepasst (siehe Anhang 1).

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass die Implementierung eines modellbasierten Überflutungsnachweises innerhalb des landschaftsarchitektonischen Entwurfsprozesses mit *Vectorworks* grundsätzlich möglich ist. Dabei sind bei der Verwendung der erarbeiteten Datenmanager-Einstellungen nicht zwingend spezifische Fachkenntnisse notwendig. Die entwickelte Methodik bildet somit die Grundlage, die für den Überflutungsnachweis relevanten Daten strukturiert zu erfassen, zu verarbeiten und auszuwerten. Die dafür erstellten Datenbanken, Datenmanager-Einstellungen und Berechnungstabellen bilden eine standardisierte Grundlage, die als Referenzrahmen für die Durchführung des Überflutungsnachweises innerhalb der BIM-Methodik in zukünftigen Projekten dienen kann.

6.2 Zusammenfassung der zentralen Erkenntnisse

Die Arbeit hat gezeigt, dass die modellbasierte Integration eines BIM-gestützten Überflutungsnachweises in der Landschaftsarchitektur technisch und methodisch umsetzbar ist. Durch die Integration von Niederschlagsdaten des *DWD* und der Nutzung von *Vectorworks* zur Modellierung und Berechnung des Überflutungsnachweises wurde ein automatisierter und nachvollziehbarer Arbeitsablauf geschaffen. Die definierten Prozesse ermöglichen es, die benötigten Daten strukturiert zu erfassen, zu verarbeiten und auszuwerten, wodurch die Planungsgenauigkeit und -qualität erhöht werden. Die Verwendung von Datenbanken zur Verwaltung der alphanumerischen Daten und die Erstellung von Berechnungstabellen sorgen für eine nachvollziehbare und transparente Berechnung des modellbasierten Überflutungsnachweises.

Durch die Visualisierung der Rückhaltevolumen im Fachmodell können auch nicht-fachliche Akteure die Ergebnisse des Überflutungsnachweises besser verstehen und nachvollziehen. Die interaktive Nutzung des Fachmodells ermöglicht es, komplexe Zusammenhänge und die Auswirkungen von Planungsänderungen anschaulich darzustellen.

Die Ergebnisse dieser Arbeit verdeutlichen, dass *BIM* als effektives Werkzeug genutzt werden kann, um den Herausforderungen bei der Planung von Freianlagen im Kontext von Starkregenereignissen zu begegnen. Die Fähigkeit, verschiedene Szenarien zügig zu analysieren und die Auswirkungen von Entwurfsentscheidungen auf das Rückhaltevolumen in Echtzeit zu evaluieren, unterstützt einen fundierten und effizienten Planungsprozess. Der modellbasierte Überflutungsnachweis ermöglicht Planenden eine unmittelbare Rückkopplung, was präzise und transparente Entscheidungsprozesse fördert und gleichzeitig Potenziale zur Minimierung von Kosten und Planungsaufwand bietet.

Es zeigt sich jedoch auch, dass die Implementierung des modellbasierten Überflutungsnachweises in die BIM-Methodik Herausforderungen mit sich bringt. Eine besteht in der fehlenden Standardisierung der Datensätze und Prozesse für den Überflutungsnachweis in der Landschaftsarchitektur. Das IFC-Format enthält bisher keine spezifischen Eigenschaftensets (*PSets*), die den Überflutungsnachweis explizit berücksichtigen. Daher müssen benutzerdefinierte Eigenschaftensets (*CPSets*) erstellt werden, die je nach Projektanforderungen und den relevanten Arbeitsblättern (z.B. *DWA-117*) angepasst werden müssen.

Ein weiteres Spannungsfeld ergibt sich bei der Integration des modellbasierten Überflutungsnachweises in die verschiedenen Leistungsphasen der HOAI. Für die Durchführung des Überflutungsnachweises im Fachmodell werden detaillierte Parameter benötigt, die möglicherweise erst in einer späteren Planungsphase, beispielsweise bei der eindeutigen Festlegung des verwendeten Materials, vorliegen. Gleichzeitig wäre es von Vorteil, schon in frühen Phasen grobe Überflutungsrisiken zu erkennen. Die Arbeit zeigt, dass eine abgestimmte Vorgehensweise zwischen allen Projektbeteiligten erforderlich ist, welche im *BAP* festgehalten werden muss, um den Zeitpunkt sowie den Detaillierungsgrad der Datenerfassung eindeutig zu definieren.

Auch die verwendeten Softwaretools für den Überflutungsnachweis sind noch nicht vollständig ausgereift. Die im Rahmen dieser Arbeit eingesetzte Autorensoftware bietet noch keine umfassende Softwarelösung, die alle Anforderungen für einen modellbasierten Überflutungsnachweis erfüllt und sich zugleich einfach in bestehende Planungsabläufe integrieren lässt. Es bedarf weiterer Entwicklungsmaßnahmen der Softwarehersteller, um die Interoperabilität und Anwendbarkeit des modellbasierten Überflutungsnachweises zu verbessern.

6.3 Perspektiven für zukünftige Entwicklungen

In der vorliegenden Arbeit konnte verdeutlicht werden, dass der modellbasierte Überflutungsnachweis in der Landschaftsarchitektur ein erhebliches Potenzial zur Optimierung von bestehenden Planungsprozessen bietet. Eine enge Verzahnung mit etablierten BIM-Prozessen ist jedoch unerlässlich, um eine Fragmentierung der Planungsabläufe zu vermeiden und ganzheitliche Lösungen zu realisieren. Die entwickelten Arbeitsabläufe liefern Planenden wertvolle Hinweise für die praktische Umsetzung und tragen dazu bei, das langfristige Potenzial von *BIM* in der Landschaftsarchitektur besser auszuschöpfen.

Ein besonders vielversprechender Ansatz besteht in der Erweiterung der modellbasierten Methoden um Aspekte der Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung. Der modellbasierte Überflutungsnachweis kann nicht nur zur Optimierung des Rückhaltevolumens beitragen, sondern auch den Materialverbrauch reduzieren, indem die erforderliche Dimensionierung von Rigolen durch den Vergleich verschiedener Varianten landschaftsarchitektonischer Entwürfe minimiert wird. Durch eine verbesserte Flächenplanung können zudem Versiegelungen minimiert und natürliche Versickerungsflächen erhalten oder gezielt integriert werden, wodurch die ökologische Qualität und die Klimaresilienz urbaner Freiräume nachhaltig verbessert werden.

Dennoch werden auch zentrale Herausforderungen sichtbar, die zukünftige Entwicklungen vorantreiben müssen. Insbesondere sind Softwarehersteller gefordert, intuitive und effiziente Tools bereitzustellen, die es ermöglichen, den modellbasierten Überflutungsnachweis nahtlos in bestehende Planungsprozesse zu integrieren. Ebenso bedarf es einer Weiterentwicklung des IFC-Exports, um eine standardisierte und interoperable Datenübertragung zwischen Landschaftsarchitektur, Bauwesen und Wasserwirtschaft zu gewährleisten. Die Integration spezifischer *Psets* für das Regenwassermanagement in zukünftige IFC-Versionen könnte hierbei eine entscheidende Rolle spielen. Die im Rahmen dieser Arbeit definierten Methoden und Tools bilden eine wesentliche Grundlage für diese zukünftigen Entwicklungen.

Eine zentrale Forschungsfrage für zukünftige Untersuchungen könnte darin bestehen, inwieweit die in dieser Arbeit definierten Prozesse und digitalen Tools effizient in etablierte Planungsprozesse der Landschaftsarchitektur integriert werden können und welche konkreten Möglichkeiten sowie Vorteile sich daraus für zukünftige Planungsansätze ergeben.

Des Weiteren könnte untersucht werden, inwieweit ein modellbasierter Überflutungsnachweis im landschaftsarchitektonischen Entwurfsprozess dazu beiträgt, die Resilienz der Entwürfe gegenüber klimatischen Herausforderungen gezielt zu verbessern. In diesem Zusammenhang bietet sich die Erweiterung des Anwendungsfalls durch die Berücksichtigung der natürlichen Wasserbilanz von Grundstücken mittels der BIM-Methodik an, wobei insbesondere Verdunstungsbeete, Vegetationsflächen sowie die Verdunstungsraten von Stauden und Bäumen eine zentrale Rolle einnehmen könnten. Eine solche modellbasierte Wasserbilanzierung könnte den in dieser Arbeit beschriebenen Überflutungsnachweis um relevante Modellelemente erweitern und deren Wechselwirkungen abbilden. Dadurch ließe sich nicht nur die Entwässerungsplanung automatisieren, sondern auch die Bewässerungssteuerung in Trockenperioden gezielt analysieren und optimieren, indem Wasserbilanzdaten direkt im digitalen Modell erfasst und ausgewertet werden. Dies hätte wiederum positive Auswirkungen auf den gesamten Lebenszyklus des Projekts und könnte über den Planungsprozess hinaus im Facility-Management weiter genutzt werden.

Die Potenziale dieser Methodik verdeutlichen, dass die Integration digitaler Klimadaten in den Planungsprozess nicht nur die Effizienz und Präzision bestehender Arbeitsmethoden erheblich steigern kann, sondern auch die langfristige Etablierung von *BIM* in der Landschaftsarchitektur unterstützt. Damit wird der Weg geebnet, digitale Planungsprozesse zielgerichtet einzusetzen, um klimaangepasste und resiliente Freiräume zu entwerfen – ein Ansatz, der angesichts wachsender klimatischer Herausforderungen zunehmend an Bedeutung gewinnt.

7 Quellenverzeichnis

7.1 Literaturverzeichnis

Accenture (2021): Digitalisierung erhöht die Performance, Accenture, [online] <https://www.accenture.com/at-de/insights/consulting/digitale-dividende> [abgerufen am 20.12.2024].

ALLPLAN Deutschland GmbH (o. D.): ALLPLAN: BIM-SOFTWARE FÜR DIE AEC-INDUSTRIE, Allplan, [online] <https://www.allplan.com/de> [abgerufen am 03.02.2025].

Bakalis, Dennis/Jan Büchel/Marc Scheufen (2023): *Digitalisierung der Wirtschaft in Deutschland: Digitalisierungsindex 2023*, Institut der Deutschen Wirtschaft, [online] https://www.de.digital/DIGITAL/Redaktion/DE/Digitalisierungsin dex/Publikationen/publikation-digitalisierungsindex-2023-kurzfas sung.pdf?__blob=publicationFile&v=3 [abgerufen am 20.11.2024].

Bartels, Niels/Jannick Höper/Sebastian Theißen/Reinhard Wimmer (2022): *Anwendung der BIM-Methode im nachhaltigen Bauen: Status quo von Einsatzmöglichkeiten in der Praxis*.

bdla (2019): AG BIM in der Landschaftsarchitektur, Bdla, [online] https://www.bdla.de/de/bundesverband/arbeitsgruppen/ag-bim?utm_source=chatgpt.com [abgerufen am 08.12.2024].

BIM Deutschland (2024): Fragen und Antworten zu BIM Deutschland: Informationen zum nationalen Zentrum für die Digitalisierung des Bauwesens und seinen Aufgaben, [online] <https://www.bimdeutschland.de/bim-deutschland/faq> [abgerufen am 23.10.2024].

BIM Deutschland (2022): Liste der standardisierten Anwendungsfallbezeichnungen, [online] <https://www.bimdeutschland.de/bim-deutschland/liste-der-standardisierten-anwendungsfallbezeichnungen> [abgerufen am 22.10.2024].

BMWK (2023): Digitalisierung der deutschen Wirtschaft nach Branchen im Jahr 2023 (in Indexpunkten), Statista, [online] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1308020/umfrage/stand-der-digitalisierung-nach-branchen-in-deutschland/> [abgerufen am 20.11.2024].

BMWKa (o. D.): Taking control of the digital transformation, [online] https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Dossier/digitisation.html?utm_source=chatgpt.com [abgerufen am 09.12.2024].

BMWKb (o. D.): Digitale integration, [online] https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Digitale-Welt/digitale-integration.html?utm_source=chatgpt.com [abgerufen am 09.12.2024].

- Brückner, Ilona (2023): Digitalisierung: BIM in der Landschaftsarchitektur – Mehrwert versus Mehraufwand, NEUE LANDSCHAFT, [online] https://neulandschaft.de/artikel/digitalisierung-bim-in-der-landschaftsarchitektur-mehrwert-versus-mehraufwand-11621?utm_source=chatgpt.com [abgerufen am 03.01.2025].
- Brückner, Ilona/Nils Maßling/Maike Wozniak/Martin Thieme-Hack (2019): *BIM-Workflow für Landschaftsarchitekten: ein Praxisbeispiel*, Journal Of Digital Landscape Architecture, Wichmann Verlag, VDE VERLAG GMBH, [online] doi:10.14627/537663014 [abgerufen am 02.01.2025].
- Brückner, Ilona/Matthias Pietsch (2024): *BIM-Fachmodell Landschaft und Freianlage*, BSD Schriftenreihe, BSD Verlag.
- Brückner, Remy (2020): Erweiterung der bestehenden Fachmodelle durch das Fachmodell Landschaft_Freianlage (ARGE Havellandautobahn A10/A24), DIB.news - Digitalisierung Im Bauwesen, [online] https://dib.news/media/_processed_/f/5/csm_1_3d8821b247.jpg [abgerufen am 25.11.2024].
- BuildingSMART Deutschland (2024): IFC 4.3-Mapping: BIM-Klassen der Landschaftsarchitektur, [online] <https://www.buildingsmart.de/ifc-43-mapping-bim-klassen-der-landschaftsarchitektur> [abgerufen am 24.01.2025].
- buildingSMART International (o. D. a): IFC 4.3.2 Documentation: 8.11 IFCMeasureResource, [online] <https://ifc43-docs.standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4x3/HTML/ifcmeasureresource/content.html> [abgerufen am 25.01.2025].
- buildingSMART International (o. D. b): IFC 4.3.2 Documentation: Alphabetical listings - Entities, [online] <https://ifc43-docs.standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4x3/HTML/annex-b1.html> [abgerufen am 27.01.2025].
- Bundesministerium für Digitales und Verkehr (2024): Digitales Planen, Bauen, Infrastrukturmanagement: Einführung und Einsatz von Building Information Modeling (BIM), Bundesministerium für Digitales und Verkehr, [online] https://www.bmdv.bund.de/DE/Themen/Digitales/Building-Information-Modeling/BIM/building-information-modeling.html?utm_source=chatgpt.com [abgerufen am 08.12.2024].
- ComputerWorks GmbH (o. D. a): BIM in der Landschaft, ComputerWorks, [online] <https://www.computerworks.de/vectorworks/bim-in-der-landschaft> [abgerufen am 04.02.2025].
- ComputerWorks GmbH (o. D. b): Vectorworks Hilfe, [online] https://vectorworks-hilfe.computerworks.eu/2017/index.htm#t=VW_2017_Handbuch_Vectorworks%2F10_VW_WerkzBef_A-And%2FVectorworks_1-.htm [abgerufen am 10.01.2025].

- DATAFlor AG (o. D.): DATAFlor BIM -, Dataflor, [online] <https://www.dataflor.de/landschaftsarchitektur/produkte/dataflor-bim/> [abgerufen am 04.02.2025].
- Deutscher Wetterdienst (2023): KOSTRA-DWD, Dwd, [online] https://www.dwd.de/DE/leistungen/kostra_dwd_rasterwerte/kostra_dwd_rasterwerte.html [abgerufen am 04.11.2024].
- DIN 1986-100 (2016): *Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke – Teil 100: Bestimmungen in Verbindung mit DIN EN 752 und DIN EN 12056*, (ICS 23.040.05; 91.140.80; 93.030).
- DWA-A 138-1 (2024): *Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser – Teil 1: Planung, Bau, Betrieb*, (ISBN 978-3-96862-758-8).
- Europäische Kommission (2022): Digitalisierungsgrad der EU-Länder gemäß dem Index für die digitale Wirtschaft und Gesellschaft (DESI*) im Jahr 2022., Statista, [online] https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1243006/umfrage/digitalisierungsgrad-der-eu-laender-nach-dem-desi-index/?utm_source=chatgpt.com [abgerufen am 08.12.2024].
- Fieberg, Christian (2022): *BIM-Datenmanagement in Theorie und Praxis*, bSD Verlag.
- Forner, Jörg-Ulrich (2021): Durchdringungsgrad der digitalen Methode bei Planer*innen ermittelt: Umfrage zu Building Information Modeling, BIM, in: *Stadt und Grün*, S. 18, [online] <https://stadtundgruen.de/artikel/durchdringungsgrad-der-digitalen-methode-bei-planerinnen-ermittelt-umfrage-zu-building-information-modeling-bim-5768> [abgerufen am 18.10.2024].
- Gnädinger, Johannes/Georg Roth/Prof. Schaller (2021): Applied Integration of GIS and BIM in Landscape Planning, *Journal Of Digital Landscape Architecture*, Wichmann Verlag, VDE VERLAG GMBH, [online] doi:10.14627/537705029 [abgerufen am 03.01.2025].
- Quellenangabe im Text Haider, Melanie (2024): *City Labs und digitale Planungstools im Kontext urbaner Klimaresilienz*, thesis, Technische Universität Wien, [online] <https://repositum.tuwien.at/bitstream/20.500.12708/198219/1/Haider%20Melanie%20-%202024%20-%20City%20Labs%20und%20digitale%20Planungstools%20im%20Kontext%20urbaner...pdf> [abgerufen am 17.12.2024].
- HAURATON GmbH & Co. KG (o. D.): RECYFIX MONOTEC, Hauraton, [online] <https://www.hauraton.com/de/produkte/entwaesserung/recyfix-monotec/> [abgerufen am 15.01.2025].
- Hemmerling, Marco/Boris Bähre (2020): *Informierte Architektur: Building Information Modeling für die Architekturpraxis*, Birkhäuser.

IPCC/Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III Zum Sechsten Sachstandsbericht Des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen [Kernschreibteam, H. Lee und J. Romero (Hrsg.)]./IPCC, Genf, Schweiz, S. 1–34. Deutsche Übersetzung Auf Basis der Version Vom März 2023./Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn; die Luxemburger Regierung, Luxemburg; Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, Wien; Akademie der Naturwissenschaften Schweiz SCNAT, ProClim, Bern; April 2024. (2023): *Zusammenfassung für die politische Entscheidungsfindung.: In: Klimawandel 2023: Synthesebericht.*, IPCC, [online] doi:10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001 [abgerufen am 17.12.2024].

Jaud, Stefan/Sebastian Esser/Sergej Muhic/André Borrmann (2020): *DEVELOPMENT OF IFC SCHEMA FOR INFRASTRUCTURE*, [online] https://publications.cms.bgu.tum.de/2020_Jaud_siBIM.pdf [abgerufen am 28.12.2024].

Kirsche, Uwe (2022): *Der Deutsche Wetterdienst: Informationen zu Wetter und Klima aus einer Hand*, 15., Deutscher Wetterdienst, [PDF] https://www.dwd.de/SharedDocs/broschueren/DE/presse/kurzportrait.pdf?__blob=publicationFile&v=24.

Kirsten, Tom/Dieter Pfrommer (2020): *Überflutungsnachweis: Zu den Leistungen und der Vergütung für einen Nachweis zur Sicherheit gegen Überflutung oder für eine kontrollierte schadlose Überflutung von Grundstücken nach DIN 1986-100*, Bund Deutscher Landschaftsarchitekten bdla, [Handreichung] <https://www.bdla.de/de/dokumente/bundesverband/publikationen/718-bdla-broschuere-ueberflutungsnachweis-2020/file> [abgerufen am 25.10.2024].

König, Markus/René Schumann/Genia Schäferhoff/Sebastian Marny/Thomas Liebich/Magdalena Tarkiewicz/Inga Stein-Barthelmes/Franziska Karsten (2023): *BIM Deutschland - Ergebnisse der Phase 1*, BIM Deutschland, BIM Deutschland, [online] https://www.bimdeutschland.de/fileadmin/media/Downloads/Download-Liste/Einfuehrungsphase/Ergebnisbericht_BIM_Deutschland_Phase_1.pdf?utm_source=chatgpt.com [abgerufen am 08.12.2024].

Laue, Hendrik Matthias (2019): *Klimagerechte Landschaftsarchitektur: Handbuch zum Umgang mit Elementen und Faktoren des Klimas im Freiraum*, Patzer.

Liebich, Thomas/Magdalena Tarkiewicz-Pátek/Daniel Mondino (2022): *Standard-Anwendungsfälle*, BIM Deutschland, [online] https://www.bimdeutschland.de/fileadmin/media/Downloads/Anwendungsfaelle_-_AWF/20220216_BIM_D_AP22_AWF_V2.0.pdf [abgerufen am 28.01.2025].

Nikologianni, Anastasia/Mohammad Mayouf/Silvia Gullino (2022): *Building Information Modelling (BIM) and the impact on landscape: A systematic review of evolvments, shortfalls and future opportunities*, Cleaner Production Letters, ScienceDirect, [Peer-Reviewed Journal Artikel] doi:10.1016/j.clpl.2022.100016.

- Reiß, Nicole (2022): Umfrage: wie viele Architekturbüros nutzen BIM und wofür?, DA Bonline | Deutsches Architektenblatt, [online] https://www.dabonline.de/digital/umfrage-wieviele-architekturbueros-nutzen-bim-wofuer/?utm_source=chatgpt.com [abgerufen am 08.12.2024].
- Resch, Michael (2022): *Deutschland - Digitales Desaster: Kommunikation per Fax, digitale Bildungslücken - Wie die Verweigerung von mehr Digitalisierung die Zukunft unseres Landes bedroht - Endlich den digitalen Aufbruch wagen*, Heyne.
- Schroth, Olaf/Seebauer/Engelmayer/Gnädinger/Brückner/Franz Damm/Thomas Armonat/Cathrin Urbanek/Cathrin Urbanek/Bettina Riese/Brigitta Katharina Bartsch/Hilde Strobl/Hartmut Balder/Sebastian Schattenfroh (2020): Landschaftsarchitekten Digitalisierung, in: bdla-Verbandszeitschrift, [online] <https://www.bdla.de/de/dokumente/bundesverband/nachrichten-13/2020-14/946-digitalisierung-landschaftsarchitekten-4-2020/file>.
- SOIL-PARTS GmbH (o. D.): AllPlan Add-On Siedlungswasserbau, SOIL-PARTS, [online] <https://www.soil-parts.at/add-ons/siedlungswasserbau/> [abgerufen am 03.02.2025].
- SpeechMind (o. D.): SpeechMind: Eine KI-Anwendung zur Gesprächsauswertung., SpeechMind, [online] <https://www.speechmind.com/> [abgerufen am 05.02.2025].
- Temmen, Stefan/Kai Von Luckwald (2018): *Einführung und Nutzung von BIM in der Landschaftsarchitektur – Entwicklungspotentiale und Handlungsempfehlungen*, Masterarbeit, Fachhochschule Osnabrück, [online] https://opus.hs-osnabrueck.de/files/570/2017_03_30_BIM_LA-fuer_OPUS.pdf.
- Thomas Junghänel/Jennifer Ostermöller/Thomas Deutschländer (2023): *KOSTRA-DWD-2020: Hinweise und Hilfestellungen zur Verwendung des KOSTRA-DWD-Datensatzes Version 2020*, Deutscher Wetterdienst Abteilung Hydrometeorologie, [PDF] https://www.dwd.de/DE/leistungen/kostra_dwd_rasterwerte/download/kostra_dwd_2020_anwenderhilfe_pdf.pdf;jsessionid=10B1475576D5ABE18557420EB41CEEC8.live21064?__blob=publicationFile&v=3.
- TU München (2022): *Modulhandbuch: B.Sc. Landschaftsarchitektur und Landschaftsplanung*, TU München, [online] https://www.ls.tum.de/fileadmin/w00bww/ls/download/studies/modules/MH-BSC-17746-LAL-20131-DE-22S.pdf?utm_source=chatgpt.com [abgerufen am 06.02.2025].
- Van Berlo, Léon/Thomas Krijnen/Helga Tauscher/Thomas Liebich/Arie Van Kranenburg/Pasi Paasiala (2021): *Future of the Industry Foundation Classes: towards /FC 5*, buildingSMART International, [online] https://www.buildingsmart.org/wp-content/uploads/2021/06/IFC_5.pdf?utm_source=chatgpt.com [abgerufen am 28.12.2024].

Zimmermann, Volker (2024): *Deutschlands Position bei der Digitalisierung im internationalen Vergleich*, KfW Research, KfW Research, [online]
<https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Fokus-Volkswirtschaft/Fokus-2024/Fokus-Nr.-469-September-2024-Digitalisierung-D.pdf> [abgerufen am 08.12.2024].

7.2 Grundlagen und Programme

Referenzprojekt

STORCH.LANDSCHAFTSARCHITEKTUR (2024): Studentisches Wohnen /
Mikroappartements, LP 3

STORCH.LANDSCHAFTSARCHITEKTUR
Hechtstraße 28
01097 Dresden
Telefon: +49 (0) 351-32334171
E-Mail: post(at)storch-la.de

Herstellerdatensets von HAURATON

Die folgenden Datensets wurden auf Anfrage direkt vom Hersteller HAURATON bereitgestellt:

h_PL_036000_000000_RF-MONO-100-Typ-230-FIBRETEC-schwarz-D400_de.rvt
h_PL_036005_000000_RF-MONO-100-Typ-280-FIBRETEC-schwarz-D400_de.rvt
h_PL_036015_000000_RF-MONO-100-Typ-380-FIBRETEC-schwarz-D400_de.rvt
h_PL_036215_000000_RF-MONO-200-Typ-450-FIBRETEC-schwarz-D400_de.rvt

Verwendete Programme

Vectorworks 2024, Nemetschek SE
Solibri 24.12, Nemetschek SE
QGIS 3.4
Adobe Photoshop 2025
Microsoft Word 16.94

8 Tabellen

Tabelle 1: Attributmatrix mit den Mindestanforderungen an Eigenschaften der Modellelemente

CPset	Modellelement	IFC-Klasse <i>bSD-Klasse</i>	Eigenschaften [Kürzel] <i>in Anlehnung an das DWA-A 138-1</i>	Maßtyp <i>In vwx</i>
	DGM	ifcSite	nicht relevant	-
CPset_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen	Gebäude (Dachflächen)	ifcBuilding	Flächenart [FLA] (gemäß DIN 1986-100, Tabelle 9) Mittlerer Abflussbeiwert [Cm] (gemäß DIN 1986-100, Tabelle 9) Spitzenabflussbeiwert [Cs] (gemäß DIN 1986-100, Tabelle 9) Überregnete Fläche [A] Abflusswirksame Fläche nach Cs [Acs] ----- (nur für Dimensionierung ausschlaggebend, kein IFC-Export) Abflusswirksame Fläche nach Cm [Acm]	ifcText keine ifcReal keine ifcReal keine IfcAreaMeasure Fläche IfcAreaMeasure Fläche IfcAreaMeasure Fläche
	Dachbegrünung	ifcCovering Dachbegrünung	Flächenart [FLA] (gemäß DIN 1986-100, Tabelle 9) Mittlerer Abflussbeiwert [Cm] (gemäß DIN 1986-100, Tabelle 9) Spitzenabflussbeiwert [Cs] (gemäß DIN 1986-100, Tabelle 9) Überregnete Fläche [A] Abflusswirksame Fläche nach Cs [Acs] ----- (nur für Dimensionierung ausschlaggebend, kein IFC-Export) Abflusswirksame Fläche nach Cm [Acm]	ifcText keine ifcReal keine ifcReal keine IfcAreaMeasure Fläche IfcAreaMeasure Fläche IfcAreaMeasure Fläche

CPset	Modellelement	IFC-Klasse <i>bSD-Klasse</i>	Eigenschaften [Kürzel] <i>in Anlehnung an das DWA-A 138-1</i>	Maßtyp <i>In vwx</i>
	befestigte Flächen	IfcFacilityPartCommon Oberbau	Flächenart [FLA] (gemäß DIN 1986-100, Tabelle 9) Mittlerer Abflussbeiwert [Cm] (gemäß DIN 1986-100, Tabelle 9) Spitzenabflussbeiwert [Cs] (gemäß DIN 1986-100, Tabelle 9) Überregnete Fläche [A] Abflusswirksame Fläche nach Cs [Acs] <hr/> (nur für Dimensionierung ausschlaggebend, kein IFC-Export) Abflusswirksame Fläche nach Cm [Acm]	ifcText keine ifcReal keine ifcReal keine IfcAreaMeasure Fläche IfcAreaMeasure Fläche IfcAreaMeasure Fläche
Baukonstruktive Elemente				
	Mauer	IfcWall Mauer	Flächenart [FLA] (gemäß DIN 1986-100, Tabelle 9) Mittlerer Abflussbeiwert [Cm] (gemäß DIN 1986-100, Tabelle 9) Spitzenabflussbeiwert [Cs] (gemäß DIN 1986-100, Tabelle 9) Überregnete Fläche [A] Abflusswirksame Fläche nach Cs [Acs] <hr/> (nur für Dimensionierung ausschlaggebend, kein IFC-Export) Abflusswirksame Fläche nach Cm [Acm]	ifcText keine ifcReal keine ifcReal keine IfcAreaMeasure Fläche IfcAreaMeasure Fläche IfcAreaMeasure Fläche
	Treppe	IfcStair Treppe	Flächenart [FLA] (gemäß DIN 1986-100, Tabelle 9) Mittlerer Abflussbeiwert [Cm] (gemäß DIN 1986-100, Tabelle 9) Spitzenabflussbeiwert [Cs] (gemäß DIN 1986-100, Tabelle 9) Überregnete Fläche [A] Abflusswirksame Fläche nach Cs [Acs] <hr/> (nur für Dimensionierung ausschlaggebend, kein IFC-Export) Abflusswirksame Fläche nach Cm [Acm]	ifcText keine ifcReal keine ifcReal keine IfcAreaMeasure Fläche IfcAreaMeasure Fläche IfcAreaMeasure Fläche

CPset	Modellelement	IFC-Klasse <i>bSD-Klasse</i>	Eigenschaften [Kürzel] <i>in Anlehnung an das DWA-A 138-1</i>	Maßtyp <i>In vwx</i>
	Rampe	IfcRamp Rampe	Flächenart [FLA] (gemäß DIN 1986-100, Tabelle 9) Mittlerer Abflussbeiwert [Cm] (gemäß DIN 1986-100, Tabelle 9) Spitzenabflussbeiwert [Cs] (gemäß DIN 1986-100, Tabelle 9) Überregnete Fläche [A] Abflusswirksame Fläche nach Cs [Acs] <hr/> (nur für Dimensionierung ausschlaggebend, kein IFC-Export) Abflusswirksame Fläche nach Cm [Acm]	ifcText keine ifcReal keine ifcReal keine IfcAreaMeasure Fläche IfcAreaMeasure Fläche IfcAreaMeasure Fläche
	Einbauten	IfcFurniture Einbauten	Flächenart [FLA] (gemäß DIN 1986-100, Tabelle 9) Mittlerer Abflussbeiwert [Cm] (gemäß DIN 1986-100, Tabelle 9) Spitzenabflussbeiwert [Cs] (gemäß DIN 1986-100, Tabelle 9) Überregnete Fläche [A] Abflusswirksame Fläche nach Cs [Acs] <hr/> (nur für Dimensionierung ausschlaggebend, kein IFC-Export) Abflusswirksame Fläche nach Cm [Acm]	ifcText keine ifcReal keine ifcReal keine IfcAreaMeasure Fläche IfcAreaMeasure Fläche IfcAreaMeasure Fläche

CPset	Modellelement	IFC-Klasse <i>bSD-Klasse</i>	Eigenschaften [Kürzel] <i>in Anlehnung an das DWA-A 138-1</i>	Maßtyp <i>In vwx</i>
	Einzugsraum	IfcSpace Raum	Entwässerungsanlage [EWA] Einzugsraum [EZR] Flächenart [FLA] (gemäß DIN 1986-100, Tabelle 9) Mittlerer Abflussbeiwert [Cm] (gemäß DIN 1986-100, Tabelle 9) Spitzenabflussbeiwert [Cs] (gemäß DIN 1986-100, Tabelle 9) Überregnete Fläche [A] Abflusswirksame Fläche nach Cs [Acs] <hr/> (nur für Dimensionierung ausschlaggebend, kein IFC-Export) Abflusswirksame Fläche nach Cm [Acm]	ifcText keine IfcIdentifier keine ifcText keine ifcReal keine ifcReal keine IfcAreaMeasure Fläche IfcAreaMeasure Fläche IfcAreaMeasure Fläche
	Entwässerungsanlagen (Überflutungsrelevant)			




CPset	Modellelement	IFC-Klasse <i>bSD-Klasse</i>	Eigenschaften [Kürzel] <i>in Anlehnung an das DWA-A 138-1</i>	Maßtyp <i>In vwx</i>
CPset_Ueberflutungsnachweis_Rinne	Rinne	IfcWasteTerminal <i>(IfcPipeSegment für Rinnen die nicht Überflutungsrelevant sind)</i> Rinne	Entwässerungsanlage [EWA] Länge der Rinne [l] Breite der Rinne [b] Höhe der Rinne [h] Entwässerungsquerschnitt [Eq] Gesamtfläche Einzugsgebiet [AE] Summe abflusswirksamer Fläche [AC] Zufluss abflusswirksamer Fläche [Qzu] Maßgebende Regenspende [rDn] (gemäß KOSTRA-DWD) Maßgebende Dauer des Bemessungsregens [D] (gemäß KOSTRA-DWD) Maßgebende statistische Wiederkehrhäufigkeit [n] (gemäß KOSTRA-DWD) Speichervolumen der Rinne [Vs] Erfor. Rückhaltevolumen [VRueckSOLL]	IfcIdentifier keine IfcLengthMeasure Länge IfcLengthMeasure Länge IfcLengthMeasure Länge IfcAreaMeasure Fläche IfcAreaMeasure Fläche IfcAreaMeasure Fläche IfcVolumetricFlowRateMeasure keine ifcReal keine IfcTimeMeasure Zeit IfcTimeMeasure Zeit IfcVolumeMeasure Volumen IfcVolumeMeasure Volumen



CPset_Ueberflutungsnachweis_Rigole	Rigole	IfcWasteTerminal (Schacht)	Entwässerungsanlage [EWA]	IfcIdentifier keine
			Länge der Rigole [l]	IfcLengthMeasure Länge
			Breite der Rigole [b]	IfcLengthMeasure Länge
			Höhe der Rigole [h]	IfcLengthMeasure Länge
			Speicherkoeffizient [sR]	ifcReal keine
			Infiltrationsrate des Bodens [ki]	IfcLinearVelocityMeasure keine
			Zuschlagsfaktor [fZ]	ifcReal keine
			Gesamtfläche Einzugsgebiet [AE]	IfcAreaMeasure Fläche
			Summe abflusswirksamer Fläche [AC]	IfcAreaMeasure Fläche
			Zufluss abflusswirksamer Fläche [Qzu]	IfcVolumetricFlowRateMeasure keine
			Maßgebende Regenspende [rDn] (gemäß KOSTRA-DWD)	ifcReal keine
			Maßgebende Dauer des Bemessungsregens [D] (gemäß KOSTRA-DWD)	IfcTimeMeasure Zeit
			Maßgebende statistische Wiederkehrhäufigkeit [n] (gemäß KOSTRA-DWD)	IfcTimeMeasure Zeit
			Speichervolumen [Vs]	IfcVolumeMeasure Volumen
			Versickerungswirksame Fläche [As]	IfcAreaMeasure Fläche
			Versickerungsleistung [Qs]	IfcVolumetricFlowRateMeasure keine
			Erfor. Rückhaltevolumen [VRueckSOLL]	IfcVolumeMeasure Volumen
----- (nur für Dimensionierung ausschlaggebend, kein IFC-Export)				
Erforderliche Länge der Rigole [LR]	IfcVolumeMeasure Volumen			
Erforderliches Speichervolumen [VVA]	IfcVolumeMeasure Volumen			


CPset	Modellelement	IFC-Klasse bSD-Klasse	Eigenschaften [Kürzel] in Anlehnung an das DWA-A 138-1	Maßtyp In vwx
CPset_Ueberflutungsnachweis_Mulde	Mulde	IfcWasteTerminal (Mulde_Gra-ben)	Entwässerungsanlage [EWA]	IfcIdentifier keine
			Überregnete Fläche [AVA]	IfcAreaMeasure Fläche
			Einstauhöhe [h]	IfcLengthMeasure Länge
			Mittlere Versickerungsfläche [As,m]	IfcAreaMeasure Fläche
			Speichervolumen [Vs]	IfcVolumeMeasure Volumen
			Infiltrationsrate des Bodens [ki]	IfcLinearVelocityMeasure keine
			Zuschlagsfaktor [fZ]	ifcReal keine
			Gesamtfläche Einzugsgebiet [AE]	IfcAreaMeasure Fläche
			Summe abflusswirksamer Fläche [AC]	IfcAreaMeasure Fläche
			Zufluss abflusswirksamer Fläche [Qzu]	IfcVolumetricFlowRateMeasure keine
			Maßgebende Regenspende [rDn] (gemäß KOSTRA-DWD)	ifcReal keine
			Maßgebende Dauer des Bemessungsregens [D] (gemäß KOSTRA-DWD)	IfcTimeMeasure Zeit
			Maßgebende statistische Wiederkehrhäufigkeit [n] (gemäß KOSTRA-DWD)	IfcTimeMeasure Zeit
			Versickerungsleistung [Qs]	IfcVolumetricFlowRateMeasure keine
Erfor. Rückhaltevolumen [VRueckSOLL]	IfcVolumeMeasure Volumen			
----- (nur für Dimensionierung ausschlaggebend, kein IFC-Export)				
Erforderliches Speichervolumen [VVA]	IfcVolumeMeasure Volumen			

CPset	Modellelement	IFC-Klasse <i>bSD-Klasse</i>	Eigenschaften [Kürzel] <i>in Anlehnung an das DWA-A 138-1</i>	Maßtyp <i>In vwx</i>
CPset_Ueberflutungsnachweis_Rueckhaltevolumen	Rückhaltevolumen	IfcWaste-Terminal Hochwasser-schutzeinrichtung	Entwässerungsanlage [EWA] Max. mögl. Rückhaltevolumen [VRueckIST] Erforderliches Rückhaltevolumen [VRueckSOLL] ausgeschöpftes Rückhaltevolumen [VRueck%] Rückhaltevolumen ausreichend [txt] Maßgebende Regenspende [rDn] (gemäß KOSTRA-DWD) Dauerstufe des Bemessungsregens [D] (gemäß KOSTRA-DWD) Statistische Wiederkehrhäufigkeit [n] (gemäß KOSTRA-DWD)	IfcIdentifier keine IfcVolumeMeasure Volumen IfcVolumeMeasure Volumen IfcRatioMeasure keine ifcText keine ifcReal keine IfcTimeMeasure Zeit IfcTimeMeasure Zeit

Tabelle 2: Anforderungsprofile der Objekte/Tools in Vectorworks

Modellelement	Anforderungsprofil an das Objekt <i>Modellierung von Geometrie</i> <i>Ausgabe geometrischer Eigenschaften</i>	Intelligentes Objekt/Tool	Maximal mögliches LOG
DGM	Detaillierte dreidimensionale Darstellung des Geländes im Projektgebiet Ableitung einer zweidimensionalen Darstellung Grundlage für Höhenplanung & Objektpositionierung nicht relevant	Geländemodell	LOG 500
Dachflächen	Detaillierte dreidimensionale Darstellung der Gebäude im Projektgebiet Ableitung einer zweidimensionalen Darstellung (Dachflächen) Überregnete Fläche [A]	Gebäude 	LOG 200
Dachbegrünung	Detaillierte dreidimensionale Darstellung der Vegetationsfläche Ableitung einer zweidimensionalen Darstellung Überregnete Fläche [A]	Flächenpflanzung 	LOG 500
befestigte Flächen	Detaillierte dreidimensionale Modellierung der befestigten Flächen Ableitung einer zweidimensionalen Darstellung Darstellung der Fließrichtung (für Entwässerungsplanung und Positionierung der Einläufe) Überregnete Fläche [A]	Belag/Weg  Für die Darstellung der Fließrichtung muss auf das Geländemodell zurückgegriffen werden	LOG 500
Baukonstruktive Elemente			
Mauer	Detaillierte dreidimensionale Darstellung der Mauer Ableitung einer zweidimensionalen Darstellung Überregnete Fläche [A]	Stützmauer (Bogen) Stützmauer (Gerade) 	(LOG 500) Modellieren von Winkelstützen nicht möglich

Modellelement	Anforderungsprofil an das Objekt	Intelligentes Objekt/Tool	Maximal mögliches LOG
	Modellierung von Geometrie Ausgabe geometrischer Eigenschaften		
Treppe	Detaillierte dreidimensionale Darstellung der Treppe Ableitung einer zweidimensionalen Darstellung	Treppe  Modellierung von formfreien Treppen erfordert die Nutzung von Symbolen (Ausgabe der Fläche nur manuell möglich)	LOG 500
	Überregnete Fläche [A]		
Rampe	Detaillierte dreidimensionale Darstellung der Rampe Ableitung einer zweidimensionalen Darstellung	Rampe 	LOG 500
	Überregnete Fläche [A]		
Einbauten (Außenmöblierung)	Detaillierte dreidimensionale Darstellung der Einbauten Ableitung einer zweidimensionalen Darstellung	Kein spezifisches Tool vorhanden Für die Modellierung kann auf das Stützmauer-Tool zurückgegriffen werden Optional herstellerspezifischer Datensatz/Objekt	(LOG 200) Allgemein durch einfache Geometrien durch Stützmauer-Tool dargestellt Höhere LOG durch Objekte der Hersteller möglich
	Überregnete Fläche [A]		

Modellelement	Anforderungsprofil an das Objekt	Intelligentes Objekt/Tool	Maximal mögliches LOG
	Modellierung von Geometrie Ausgabe geometrischer Eigenschaften		
Einzugsräume	Einfache dreidimensionale Darstellung des Einzugsraums Ableitung einer zweidimensionalen Darstellung <hr/> Abfrage und Bereitstellung von Informationen der im Raum liegenden Objekte: Flächenart [FLA] Spitzenabflussbeiwert [Cs] Mittlerer Abflussbeiwert [Cm] Überregnete Fläche [A] Abflusswirksame Fläche [Ac]	Kein spezifisches Tool vorhanden Für die Modellierung kann auf das Raum-Tool zurückgegriffen werden  (Abgreifen der Flächen nur manuell möglich)	LOG 500
Entwässerungsanlagen			
Rinne (Einläufe)	Detaillierte dreidimensionale Darstellung der Rinne Einfache und intuitive Modellierung mit Gefälle Erzeugen mehrerer Querschnitte Ableitung einer zweidimensionalen Darstellung <hr/> Überregnete Fläche der EWA [AVA] Speichervolumen [Vs]	Kein spezifisches Tool vorhanden Für die Modellierung kann auf das Stützmauer-Tool zurückgegriffen werden Optional herstellerspezifischer Datensatz/Objekt	(LOG 200) Allgemein durch einfache Geometrien durch Stützmauer-Tool dargestellt Höhere LOG durch Objekte der Hersteller möglich

Modellelement	Anforderungsprofil an das Objekt <i>Modellierung von Geometrie</i> <i>Ausgabe geometrischer Eigenschaften</i>	Intelligentes Objekt/Tool	Maximal mögliches LOG
Rigole	Einfache dreidimensionale Darstellung der Rigole Einfache und intuitive Modellierung Unterscheiden zwischen Kies- und Kunststoffrigolen Ableitung einer zweidimensionalen Darstellung <hr/> Länge der Rigole [l] Breite der Rigole [b] Höhe der Rigole [h] Speichervolumen [V]	Kein spezifisches Tool vorhanden Für die Modellierung kann auf das <i>Straße-Tool (Gerade)</i> zurückgegriffen werden  Optional herstellerspezifischer <i>Datensatz/Objekt</i>	(LOG 200) Allgemein durch einfache Geometrien durch Straße-Tool dargestellt Höhere LOG durch Objekte der Hersteller möglich
Mulde	Einfache dreidimensionale Darstellung der Mulde Einfache und intuitive Modellierung Flexible Darstellungsoptionen Geländemodellierung durch eigne Geometrie Ableitung einer zweidimensionalen Darstellung <hr/> Überregnete Fläche der EWA [AVA] Mittlere Versickerungsfläche [As,m] Speichervolumen [V]	Kein spezifisches Tool vorhanden Modellierung erfordert die Nutzung von Symbolen (Ausgabe der Flächen und Volumen nur manuell möglich)	LOG 500
Rückhaltevolumen	Detaillierte dreidimensionale Darstellung des Rückhaltevolumens Einfache und intuitive Modellierung in Abhängigkeit des vorliegenden Geländeprofils Ableitung einer zweidimensionalen Darstellung <hr/> Maximales Rückhaltevolumen [VRueckIST]	Kein spezifisches Tool vorhanden Modellierung erfordert die Nutzung von Symbolen (Ausgabe der Flächen und Volumen nur manuell möglich)	LOG 500

Tabelle 3: Datenbank „DB_Überflutungsnachweis_abflusswirksameFlächen“ mit Formeln zur Zuordnung der Attribute in den Datenbankfeldern

Datenbankfeld	Datentyp (Vorgabe)	Einheit	Zuordnung bzw. Formelzuweisung am Beispiel des Einzugsraums	Beschreibung
EWA	Pop-up (A; B; C; D; E)	-	Manuell über Pop-up in der Infopalette	Zuordnung einer Entwässerungsanlage
FLA	Pop-up (gemäß DIN 1986-100, Tabelle 9)	-	Manuell über Pop-up in der Infopalette	Flächenart der befestigten Fläche gemäß DIN 1986-100 (Tabelle 9), definiert im Anschluss Cm und Cs
EZR	String	-	=VERKETTEN('DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen'.EWA; 'Space'; '11_Number')	ID des Einzugsraums durch EWA & fortlaufender Raumnummer

Cm	Real	-	<p>=IFS('DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Dachflächen – Schrägdach: Metall, Glas, Schiefer, Faserzement'; 0.9; 'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Dachflächen – Schrägdach: Ziegel, Abdichtungsbahnen (z. B. Dachpappe)'; 0.9; 'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Dachflächen – Flachdach bis 3° oder ca. 5 %: Metall, Glas, Faserzement'; 0.9; 'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Dachflächen – Flachdach bis 3° oder ca. 5 %: Abdichtungsbahnen (z. B. Dachpappe)'; 0.9; 'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Dachflächen – Flachdach bis 3° oder ca. 5 %: Kiesschüttung'; 0.8; 'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Begrünte Dachflächen: Extensivbegrünung'; 0.4; 'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Begrünte Dachflächen: Intensivbegrünung (>= 30 cm Aufbau-dicke)'; 0.1; 'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Begrünte Dachflächen: Extensivbegrünung (>= 10 cm)'; 0.2; 'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Begrünte Dachflächen: Intensivbegrünung (< 10 cm Aufbau-dicke)'; 0.3; 'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Verkehrsflächen – Undurchlässig: Betonflächen'; 0.9; 'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Verkehrsflächen – Undurchlässig: Schwarzdecken (Asphalt)'; 0.9; 'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Verkehrsflächen – Undurchlässig: Befestigte Flächen mit Fugendichtung (z. B. Pflaster mit Fugenverguss)'; 0.8; 'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Verkehrsflächen – Undurchlässig: Oberirdische Gleisanlage, feste Fahrbahn'; 0.9;</p>	Zuordnung eines mittleren Abflussbeiwerts je nach Flächenart im Datenbankfeld <i>FLA</i>
----	------	---	---	--

			<p>'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen': 'FLA' = 'Verkehrsflächen – Undurchlässig: Rampen mit Neigung zum Gebäude, unabhängig von der Neigung und Befestigungsart'; 1;</p> <p>'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen': 'FLA' = 'Verkehrsflächen – Undurchlässig: Kunststoffflächen von Sportplätzen'; 0.5;</p> <p>'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen': 'FLA' = 'Verkehrsflächen – Teil-durchlässig: Betonsteinpflaster, in Sand oder Schlacke verlegt, Flächen mit Platten'; 0.7;</p> <p>'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen': 'FLA' = 'Verkehrsflächen – Teil-durchlässig: Pflasterflächen, mit Fugenanteil > 15 %, z. B. 10 cm x 10 cm und kleiner oder fester Kiesbelag'; 0.6;</p> <p>'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen': 'FLA' = 'Verkehrsflächen – Teil-durchlässig: Wassergebundene Flächen'; 0.7;</p> <p>'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen': 'FLA' = 'Verkehrsflächen – Teil-durchlässig: Lockerer Kiesbelag, Schotterrasen (z. B. Kinderspielfläche); 0.2;</p> <p>'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen': 'FLA' = 'Verkehrsflächen – Teil-durchlässig: Verbundsteine mit Sickerfugen, Sicker-/Dränsteine'; 0.25;</p> <p>'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen': 'FLA' = 'Verkehrsflächen – Teil-durchlässig: Rasengittersteine mit häufigen Verkehrsbelastungen (z. B. Parkplatz); 0.2;</p> <p>'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen': 'FLA' = 'Verkehrsflächen – Teil-durchlässig: Rasengittersteine ohne häufige Verkehrsbelastungen (z. B. Feuerwehrzufahrt); 0.1;</p> <p>'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen': 'FLA' = 'Verkehrsflächen – Teil-durchlässig: Gleisanlage, Schotterbau mit durchlässigem Unterbau'; 0.1;</p> <p>'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen': 'FLA' = 'Verkehrsflächen – Teil-durchlässig: Gleisanlage, Schotterbau mit schwach durchlässigem Unterbau'; 0.4;</p> <p>'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen': 'FLA' = 'Sportflächen mit Drainage: Kunststoffflächen, Kunststoffrasen'; 0.1;</p>
--	--	--	---

Datenbankfeld	Datentyp (Vorgabe)	Einheit	Zuordnung bzw. Formelzuweisung am Beispiel des Einzugsraums	Beschreibung
			<p>'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Sportflächen mit Drainung: Tennisflächen (Hart-, Asche(n)-, Schlackeplatz)'; 0.3;</p> <p>'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Sportflächen mit Drainung: Rasenflächen'; 0.1;</p> <p>'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Parkanlagen, Rasenflächen, Gärten: Flaches Gelände'; 0.1;</p> <p>'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Parkanlagen, Rasenflächen, Gärten: Steiles Gelände'; 0.2;</p> <p>'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Parkanlagen, Rasenflächen, Gärten: Dauerhaft eingestaute Wasserflächen'; 1)</p>	

Cs	Real	-	<p>=IFS('DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Dachflächen – Schrägdach: Metall, Glas, Schiefer, Faserzement'; 1; 'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Dachflächen – Schrägdach: Ziegel, Abdichtungsbahnen (z. B. Dachpappe)'; 1; 'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Dachflächen – Flachdach bis 3° oder ca. 5 %: Metall, Glas, Faserzement'; 1; 'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Dachflächen – Flachdach bis 3° oder ca. 5 %: Abdichtungsbahnen (z. B. Dachpappe)'; 1; 'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Dachflächen – Flachdach bis 3° oder ca. 5 %: Kiesschüttung'; 0.8; 'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Begrünte Dachflächen: Extensivbegrünung'; 0.7; 'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Begrünte Dachflächen: Intensivbegrünung (>= 30 cm Aufbau-dicke)'; 0.2; 'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Begrünte Dachflächen: Extensivbegrünung (>= 10 cm)'; 0.4; 'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Begrünte Dachflächen: Extensivbegrünung (< 10 cm Aufbau-dicke)'; 0.5; 'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Verkehrsflächen – Undurchlässig: Betonflächen'; 1; 'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Verkehrsflächen – Undurchlässig: Schwarzdecken (Asphalt)'; 1; 'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Verkehrsflächen – Undurchlässig: Befestigte Flächen mit Fugendichtung (z. B. Pflaster mit Fugenverguss)'; 1; 'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Verkehrsflächen – Undurchlässig: Oberirdische Gleisanlage, feste Fahrbahn'; 1;</p>	<p>Zuordnung eines Spitzenabflussbeiwerts je nach Flächenart im Datenbankfeld <i>FLA</i></p>
----	------	---	---	--

			<p>'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen': 'FLA' = 'Verkehrsflächen – Undurchlässig: Rampen mit Neigung zum Gebäude, unabhängig von der Neigung und Befestigungsart'; 1;</p> <p>'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen': 'FLA' = 'Verkehrsflächen – Undurchlässig: Kunststoffflächen von Sportplätzen'; 1;</p> <p>'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen': 'FLA' = 'Verkehrsflächen – Teil-durchlässig: Betonsteinpflaster, in Sand oder Schlacke verlegt, Flächen mit Platten'; 0.9;</p> <p>'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen': 'FLA' = 'Verkehrsflächen – Teil-durchlässig: Pflasterflächen, mit Fugenanteil > 15 %, z. B. 10 cm x 10 cm und kleiner oder fester Kiesbelag'; 0.7;</p> <p>'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen': 'FLA' = 'Verkehrsflächen – Teil-durchlässig: Wassergebundene Flächen'; 0.9;</p> <p>'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen': 'FLA' = 'Verkehrsflächen – Teil-durchlässig: Lockerer Kiesbelag, Schotterrasen (z. B. Kinderspielfläche); 0.3;</p> <p>'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen': 'FLA' = 'Verkehrsflächen – Teil-durchlässig: Verbundsteine mit Sickerfugen, Sicker-/Dränsteine'; 0.4;</p> <p>'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen': 'FLA' = 'Verkehrsflächen – Teil-durchlässig: Rasengittersteine mit häufigen Verkehrsbelastungen (z. B. Parkplatz); 0.4;</p> <p>'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen': 'FLA' = 'Verkehrsflächen – Teil-durchlässig: Rasengittersteine ohne häufige Verkehrsbelastungen (z. B. Feuerwehrzufahrt); 0.2;</p> <p>'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen': 'FLA' = 'Verkehrsflächen – Teil-durchlässig: Gleisanlage, Schotterbau mit durchlässigem Unterbau'; 0.2;</p> <p>'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen': 'FLA' = 'Verkehrsflächen – Teil-durchlässig: Gleisanlage, Schotterbau mit schwach durchlässigem Unterbau'; 0.6;</p> <p>'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen': 'FLA' = 'Sportflächen mit Drainage: Kunststoffflächen, Kunststoffrasen'; 0.1;</p>
--	--	--	--

<i>Datenbank-feld</i>	<i>Datentyp (Vorgabe)</i>	<i>Einheit</i>	<i>Zuordnung bzw. Formelzuweisung am Beispiel des Einzugraums</i>	<i>Beschreibung</i>
			'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Sportflächen mit Drainung: Tennisflächen (Hart-, Asche(n)-, Schlackeplatz)'; 0.3; 'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Sportflächen mit Drainung: Rasenflächen'; 0.1; 'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Parkanlagen, Rasenflächen, Gärten: Flaches Gelände'; 0.2; 'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Parkanlagen, Rasenflächen, Gärten: Steiles Gelände'; 0.3; 'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen':'FLA' = 'Parkanlagen, Rasenflächen, Gärten: Dauerhaft eingestaute Wasserflächen'; 1)	
A	Real	m ²	= 'Space': 'Gross Area'	Flächenzuweisung über Objekteigenschaft
Acs	Real	m ²	= 'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen': 'A' * 'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen': 'Cs'	Produkt aus A und Cs
Acm	Real	m ²	= 'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen': 'A' * 'DB_Ueberflutungsnachweis_abflusswirksameFlaechen': 'Cm'	Produkt aus A und Cm

Tabelle 4: Datenbank „DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne“ mit Formeln zur Zuordnung der Attribute in den Datenbankfeldern

Datenbankfeld	Datentyp (Vorgabe)	Einheit	Zuordnung bzw. Formelzuweisung am Beispiel der Rinne 70DC36 - h_PL_036005_000000_RF-MONO-100-Typ-280-FIBRETEC-s (Symbol)	Beschreibung
EWA	Pop-up (A; B; C; D; E)	-	Manuell über Pop-up in der Infopalette	ID: eindeutige Zuordnung einer Entwässerungsanlage
l	Real	m	=h_PL_036005_000000_RF-MONO-100-Typ-280-FIBRETEC-schwarz-D4:'h_Laenge'*0,001	Länge der Rinne aus verknüpfter Hersteller-Datenbank, multipliziert mit 0,001 zur Umrechnung von mm in m
b	Real	m	=h_PL_036005_000000_RF-MONO-100-Typ-280-FIBRETEC-schwarz-D4:'h_Breite'*0,001	Breite der Rinne aus verknüpfter Hersteller-Datenbank, multipliziert mit 0,001 zur Umrechnung von mm in m
h	Real	m	=h_PL_036005_000000_RF-MONO-100-Typ-280-FIBRETEC-schwarz-D4:'h_Hoehe'*0,001	Höhe der Rinne aus verknüpfter Hersteller-Datenbank, multipliziert mit 0,001 zur Umrechnung von mm in m
Eq	Real	m ²	= WERT('h_PL_036005_000000_RF-MONO-100-Typ-280-FIBRETEC-schwarz-D4:'h_Entwaesserungsquerschnitt_cm2_pro_m') * 0,0001	Entwässerungsquerschnitt aus der verknüpften Hersteller-Datenbank (als String gespeichert), konvertiert in einen numerischen Wert und mit 0,0001 multipliziert, um die Einheit von cm ² in m ² umzuwandeln.

Datenbank-feld	Datentyp (Vorgabe)	Einheit	Zuordnung bzw. Formelzuweisung am Beispiel der Rinne 70DC36 - h_PL_036005_000000_RF-MONO-100-Typ-280-FIBRETEC-s (Symbol)	Beschreibung
AE	Real	m ²	=IFFEHLER(IFS('DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne'.EWA='A'; 'Berechnungen_Rinne-A_DIN_1986-100':D11; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne'.EWA='B'; 'Berechnungen_Rinne-B_DIN_1986-100':D11; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne'.EWA='C'; 'Berechnungen_Rinne-C_DIN_1986-100':D11; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne'.EWA='D'; 'Berechnungen_Rinne-D_DIN_1986-100':D11; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne'.EWA='E'; 'Berechnungen_Rinne-E_DIN_1986-100':D11) ;0)	Zuweisung der gesamten Fläche des Einzugsgebiets aus Berechnungen der zugehörigen Tabelle (Zelle D11), Tabellenbestimmung über EWA Die vorangestellte IFFEHLER-Funktion setzt das AE auf 0, wenn keine passende EWA ausgewählt wurde (keine Tabelle vorhanden).
ACs	Real	m ²	=IFFEHLER(IFS('DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne'.EWA='A'; 'Berechnungen_Rinne-A_DIN_1986-100':E11; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne'.EWA='B'; 'Berechnungen_Rinne-B_DIN_1986-100':E11; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne'.EWA='C'; 'Berechnungen_Rinne-C_DIN_1986-100':E11; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne'.EWA='D'; 'Berechnungen_Rinne-D_DIN_1986-100':E11; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne'.EWA='E'; 'Berechnungen_Rinne-E_DIN_1986-100':E11) ;0)	Zuweisung der abflusswirksamen Fläche des Einzugsgebiets aus Berechnungen der zugehörigen Tabelle (Zelle E11), Tabellenbestimmung über EWA Die vorangestellte IFFEHLER-Funktion setzt das ACs auf 0, wenn keine passende EWA ausgewählt wurde (keine Tabelle vorhanden).
Qzu	Real	l/s	=IFFEHLER(IFS('DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne'.EWA='A'; 'Berechnungen_Rinne-A_DIN_1986-100':G19; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne'.EWA='B'; 'Berechnungen_Rinne-B_DIN_1986-100':G19; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne'.EWA='C'; 'Berechnungen_Rinne-C_DIN_1986-100':G19; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne'.EWA='D'; 'Berechnungen_Rinne-D_DIN_1986-100':G19; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne'.EWA='E'; 'Berechnungen_Rinne-E_DIN_1986-100':G19) ;0)	Zuweisung des Zuflusses der abflusswirksamen Flächen aus Berechnungen der zugehörigen Tabelle (Zelle G19), Tabellenbestimmung über EWA Die vorangestellte IFFEHLER-Funktion setzt das Qzu auf 0, wenn keine passende EWA ausgewählt wurde (keine Tabelle vorhanden).

Datenbank-feld	Datentyp (Vorgabe)	Einheit	Zuordnung bzw. Formelzuweisung am Beispiel der Rinne 70DC36 - h_PL_036005_000000_RF-MONO-100-Typ-280-FIBRETEC-s (Symbol)	Beschreibung
			'DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne'.EWA='D'; 'Berechnungen_Rinne-D_DIN_1986-100':G19; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne'.EWA='E'; 'Berechnungen_Rinne-E_DIN_1986-100':G19) ;0)	wenn keine passende <i>EWA</i> ausgewählt wurde (keine Tabelle vorhanden).
rDn	Real	l/(s·ha)	=IFFEHLER(IFS('DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne'.EWA='A'; 'Berechnungen_Rinne-A_DIN_1986-100':C28; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne'.EWA='B'; 'Berechnungen_Rinne-B_DIN_1986-100':C28; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne'.EWA='C'; 'Berechnungen_Rinne-C_DIN_1986-100':C28; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne'.EWA='D'; 'Berechnungen_Rinne-D_DIN_1986-100':C28; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne'.EWA='E'; 'Berechnungen_Rinne-E_DIN_1986-100':C28) ;0)	Zuweisung der maßgebenden Regenspende aus Berechnungen der zugehörigen Tabelle (Zelle C28), Tabellenbestimmung über <i>EWA</i> Die vorangestellte <i>IFFEHLER</i> -Funktion setzt das <i>rDn</i> auf 0, wenn keine passende <i>EWA</i> ausgewählt wurde (keine Tabelle vorhanden).
D	Real	min	=IFFEHLER(IFS('DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne'.EWA='A'; 'Berechnungen_Rinne-A_DIN_1986-100':B28; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne'.EWA='B'; 'Berechnungen_Rinne-B_DIN_1986-100':B28; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne'.EWA='C'; 'Berechnungen_Rinne-C_DIN_1986-100':B28; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne'.EWA='D'; 'Berechnungen_Rinne-D_DIN_1986-100':B28; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne'.EWA='E'; 'Berechnungen_Rinne-E_DIN_1986-100':B28) ;0)	Zuweisung der maßgebenden Dauer des Bemessungsregens aus Berechnungen der zugehörigen Tabelle (Zelle B28), Tabellenbestimmung über <i>EWA</i> Die vorangestellte <i>IFFEHLER</i> -Funktion setzt das <i>D</i> auf 0, wenn keine passende <i>EWA</i> ausgewählt wurde (keine Tabelle vorhanden).
n	Real	1/a	=30	Zuweisung der maßgebenden statistischen

Datenbank-feld	Datentyp (Vorgabe)	Einheit	Zuordnung bzw. Formelzuweisung am Beispiel der Rinne 70DC36 - h_PL_036005_000000_RF-MONO-100-Typ-280-FIBRETEC-s (Symbol)	Beschreibung
				Wiederkehrhäufigkeit von Starkregen (im Rahmen dieser Arbeit immer 30)
Vs	Real	m ³	= 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne' : 'Eq' * 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne' : 'I'	Versickerungswirksame Fläche der Rinne ist das Produkt aus <i>Eq</i> und /
VRueck SOLL	Real	m ³	= IFFEHLER(IFS('DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne' : 'EWA' = 'A'; 'Berechnungen_Rinne-A_DIN_1986-100':C35; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne' : 'EWA' = 'B'; 'Berechnungen_Rinne-B_DIN_1986-100':C35; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne' : 'EWA' = 'C'; 'Berechnungen_Rinne-C_DIN_1986-100':C35; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne' : 'EWA' = 'D'; 'Berechnungen_Rinne-D_DIN_1986-100':C35; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rinne' : 'EWA' = 'E'; 'Berechnungen_Rinne-E_DIN_1986-100':C35) ;0)	Zuweisung des erforderlichen Rückhaltevolumens aus Berechnungen der zugehörigen Tabelle (Zelle C35), Tabellenbestimmung über <i>EWA</i> Die vorangestellte <i>IFFEHLER</i> -Funktion setzt das <i>VRueckSOLL</i> auf 0, wenn keine passende <i>EWA</i> ausgewählt wurde (keine Tabelle vorhanden).

Tabelle 5: Datenbank „DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole“ mit Formeln zur Zuordnung der Attribute in den Datenbankfeldern

Datenbankfeld	Datentyp (Vorgabe)	Einheit	Zuordnung bzw. Formelzuweisung am Beispiel der Rigole	Beschreibung
EWA	Pop-up (A; B; C; D; E)	-	Manuell über Pop-up in der Infopalette	ID: eindeutige Zuordnung einer Entwässerungsanlage
l	Real	m	= 'Roadway (Straight)'. 'LineLength'	Zuweisung der Länge über Objekteigenschaft
b	Real	m	= 'Roadway (Straight)'. 'Road Width'	Zuweisung der Breite über Objekteigenschaft
h	Real	m	= 'Roadway (Straight)'. 'Paving Thickness'	Zuweisung der Höhe über Objekteigenschaft
sR	Real	-	Manuell über Textfeld in der Infopalette	Speicherkoeffizient der Rigole
ki	Real	m/s	Manuell über Textfeld in der Infopalette	Infiltrationsrate des Bodens
fZ	Real	-	= 1,15	Zuschlagsfaktor standardmäßig 1,15, kann in der Infopalette angepasst werden
AE	Real	m ²	= IFFEHLER(IFS('DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole'. 'EWA' = 'A'; 'Berechnungen_Rigole-A_DWA-A_138-1'; E20; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole'. 'EWA' = 'B'; 'Berechnungen_Rigole-B_DWA-A_138-1'; E20; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole'. 'EWA' = 'C'; 'Berechnungen_Rigole-C_DWA-A_138-1'; E20;	Zuweisung der gesamten Fläche des Einzugsgebiets aus Berechnungen der zugehörigen Tabelle (Zelle E20), Tabellenbestimmung über EWA

Datenbankfeld	Datentyp (Vorgabe)	Einheit	Zuordnung bzw. Formelzuweisung am Beispiel der Rigole	Beschreibung
			'DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='D'; 'Berechnungen_Rigole-D_DWA-A_138-1':E20; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='E'; 'Berechnungen_Rigole-E_DWA-A_138-1':E20) ;0)	Die vorangestellte <i>IFFEHLER</i> -Funktion setzt das <i>AE</i> auf 0, wenn keine passende <i>EWA</i> ausgewählt wurde (keine Tabelle vorhanden).
ACs	Real	m ²	=IFFEHLER(IFS('DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='A'; 'Berechnungen_Rigole-A_DWA-A_138-1':G20; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='B'; 'Berechnungen_Rigole-B_DWA-A_138-1':G20; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='C'; 'Berechnungen_Rigole-C_DWA-A_138-1':G20; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='D'; 'Berechnungen_Rigole-D_DWA-A_138-1':G20; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='E'; 'Berechnungen_Rigole-E_DWA-A_138-1':G20) ;0)	Zuweisung der abflusswirksamen Fläche des Einzugsgebiets aus Berechnungen der zugehörigen Tabelle (Zelle G20), Tabellenbestimmung über <i>EWA</i> Die vorangestellte <i>IFFEHLER</i> -Funktion setzt das <i>ACs</i> auf 0, wenn keine passende <i>EWA</i> ausgewählt wurde (keine Tabelle vorhanden).
Qzu	Real	l/s	=IFFEHLER(IFS('DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='A'; 'Berechnungen_Rigole-A_DWA-A_138-1':L28; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='B'; 'Berechnungen_Rigole-B_DWA-A_138-1':L28; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='C'; 'Berechnungen_Rigole-C_DWA-A_138-1':L28; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='D'; 'Berechnungen_Rigole-D_DWA-A_138-1':L28; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='E'; 'Berechnungen_Rigole-E_DWA-A_138-1':L28) ;0)	Zuweisung des Zuflusses der abflusswirksamen Flächen aus Berechnungen der zugehörigen Tabelle (Zelle L28), Tabellenbestimmung über <i>EWA</i> Die vorangestellte <i>IFFEHLER</i> -Funktion setzt das <i>Qzu</i> auf 0, wenn keine passende <i>EWA</i> ausgewählt wurde (keine Tabelle vorhanden).
rDn	Real	l/(s·ha)	=IFFEHLER(IFS(Zuweisung der maßgebenden Regenspende aus Berechnungen der zugehörigen Tabelle (Zelle

Datenbank-feld	Datentyp (Vorgabe)	Einheit	Zuordnung bzw. Formelzuweisung am Beispiel der Rigole	Beschreibung
			'DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='A'; 'Berechnungen_Rigole-A_DWA-A_138-1':K31; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='B'; 'Berechnungen_Rigole-B_DWA-A_138-1':K31; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='C'; 'Berechnungen_Rigole-C_DWA-A_138-1':K31; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='D'; 'Berechnungen_Rigole-D_DWA-A_138-1':K31; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='E'; 'Berechnungen_Rigole-E_DWA-A_138-1':K31) ;0)	K31), Tabellenbestimmung über <i>EWA</i> Die vorangestellte <i>IFFEHLER</i> -Funktion setzt das <i>rDn</i> auf 0, wenn keine passende <i>EWA</i> ausgewählt wurde (keine Tabelle vorhanden).
D	Real	min	=IFFEHLER(IFS('DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='A'; 'Berechnungen_Rigole-A_DWA-A_138-1':K33; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='B'; 'Berechnungen_Rigole-B_DWA-A_138-1':K33; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='C'; 'Berechnungen_Rigole-C_DWA-A_138-1':K33; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='D'; 'Berechnungen_Rigole-D_DWA-A_138-1':K33; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='E'; 'Berechnungen_Rigole-E_DWA-A_138-1':K33) ;0)	Zuweisung der maßgebenden Dauer des Bemessungsregens aus Berechnungen der zugehörigen Tabelle (Zelle K33), Tabellenbestimmung über <i>EWA</i> Die vorangestellte <i>IFFEHLER</i> -Funktion setzt das <i>D</i> auf 0, wenn keine passende <i>EWA</i> ausgewählt wurde (keine Tabelle vorhanden).
n	Real	1/a	=30	Zuweisung der maßgebenden statistischen Wiederkehrhäufigkeit von Starkregen (im Rahmen dieser Arbeit immer 30)
Vs	Real	m ³	=DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole:'I'*DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole:'b'*DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole:'h'*DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole:'sR'	Speichervolumen der Rigole ist das Produkt aus <i>I</i> , <i>b</i> , <i>h</i> und <i>sR</i>

Datenbank-feld	Datentyp (Vorgabe)	Einheit	Zuordnung bzw. Formelzuweisung am Beispiel der Rigole	Beschreibung
As	Real	m ²	=('DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'b'+DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'h')*('DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'l'+DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'b'*DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'h')	Versickerungswirksame Fläche der Rigole nach Gl. 17 des DWA-A 138-1 $As = (b + h) \cdot l + b \cdot h$
Qs	Real	l/s	=('DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'ki'*('DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'As'*1000	Versickerungsleistung der Rigole nach Gl. 4 des DWA-A 138-1 $Qs = ki \cdot As \cdot 1000$
VRueck SOLL	Real	m ³	=IFFEHLER IFS('DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='A'; 'Berechnungen_Rigole-A_DWA-A_138-1':C38; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='B'; 'Berechnungen_Rigole-B_DWA-A_138-1':C38; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='C'; 'Berechnungen_Rigole-C_DWA-A_138-1':C38; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='D'; 'Berechnungen_Rigole-D_DWA-A_138-1':C38; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='E'; 'Berechnungen_Rigole-E_DWA-A_138-1':C38) ;0)	Zuweisung des erforderlichen Rückhaltevolumens aus Berechnungen der zugehörigen Tabelle (Zelle C38), Tabellenbestimmung über EWA Die vorangestellte IFFEHLER-Funktion setzt das VRueckSOLL auf 0, wenn keine passende EWA ausgewählt wurde (keine Tabelle vorhanden).
LR	Real		=IFFEHLER(IFS('DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='A'; 'Berechnungen_Rigole-A_DWA-A_138-1':M28; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='B'; 'Berechnungen_Rigole-B_DWA-A_138-1':M28; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='C'; 'Berechnungen_Rigole-C_DWA-A_138-1':M28;	Zuweisung der erforderlichen Rigolenlänge aus Berechnungen der zugehörigen Tabelle (Zelle M28), Tabellenbestimmung über EWA Die vorangestellte IFFEHLER-Funktion setzt das LR auf 0, wenn

Datenbankfeld	Datentyp (Vorgabe)	Einheit	Zuordnung bzw. Formelzuweisung am Beispiel der Rigole	Beschreibung
			'DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='D'; 'Berechnungen_Rigole-D_DWA-A_138-1':M28; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='E'; 'Berechnungen_Rigole-E_DWA-A_138-1':M28) ;0)	keine passende <i>EWA</i> ausgewählt wurde (keine Tabelle vorhanden).
VWA	Real		=IFFEHLER(IFS('DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='A'; 'Berechnungen_Rigole-A_DWA-A_138-1':O28; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='B'; 'Berechnungen_Rigole-B_DWA-A_138-1':O28; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='C'; 'Berechnungen_Rigole-C_DWA-A_138-1':O28; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='D'; 'Berechnungen_Rigole-D_DWA-A_138-1':O28; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rigole':'EWA'='E'; 'Berechnungen_Rigole-E_DWA-A_138-1':O28) ;0)	Zuweisung des erforderlichen Speichervolumens aus Berechnungen der Zugehöriger Tabelle (Zelle O28), Tabellenbestimmung über <i>EWA</i> Die vorangestellte <i>IFFEHLER</i> -Funktion setzt das <i>VWA</i> auf 0, wenn keine passende <i>EWA</i> ausgewählt wurde (keine Tabelle vorhanden).

Tabelle 6: Datenbank „DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde“ mit Formeln zur Zuordnung der Attribute in den Datenbankfeldern

Datenbank-feld	Datentyp (Vorgabe)	Einheit	Zuordnung bzw. Formelzuweisung am Beispiel der Mulde	Beschreibung
EWA	Pop-up (A; B; C; D; E)	-	Manuell über Pop-up in der Infopalette	ID: eindeutige Zuordnung einer Entwässerungsanlage
AVA	Real	m ²	Manuell über Textfeld in der Infopalette	Überregnete Fläche der Mulde
h	Real	m	Manuell über Textfeld in der Infopalette	Einstauhöhe der Mulde
As,m	Real	m ²	Manuell über Textfeld in der Infopalette	Mittlere Versickerungsfläche der Mulde
Vs	Real	m ³	Manuell über Textfeld in der Infopalette	Speichervolumen der Mulde
ki	Real	m/s	Manuell über Textfeld in der Infopalette	Infiltrationsrate des Bodens
fZ	Real	-	=1,15	Zuschlagsfaktor standardmäßig 1,15, kann in der Infopalette angepasst werden
AE	Real	m ²	=IFFEHLER(IFS('DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde':'EWA'='A'; 'Berechnungen_Mulde-A_DWA-A_138-1':E20; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde':'EWA'='B'; 'Berechnungen_Mulde-B_DWA-A_138-1':E20; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde':'EWA'='C'; 'Berechnungen_Mulde-C_DWA-A_138-1':E20; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde':'EWA'='D'; 'Berechnungen_Mulde-D_DWA-A_138-1':E20; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde':'EWA'='E'; 'Berechnungen_Mulde-E_DWA-A_138-1':E20)	Zuweisung der gesamten Fläche des Einzugsgebiets aus Berechnungen der zugehörigen Tabelle (Zelle E20), Tabellenbestimmung über EWA Die vorangestellte IFFEHLER -Funktion setzt das AE auf 0, wenn

Datenbank-feld	Datentyp (Vorgabe)	Einheit	Zuordnung bzw. Formelzuweisung am Beispiel der Mulde	Beschreibung
			;0)	keine passende <i>EWA</i> ausgewählt wurde (keine Tabelle vorhanden).
ACs	Real	m ²	=IFFEHLER(IFS('DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde':'EWA'='A'; 'Berechnungen_Mulde-A_DWA-A_138-1';G20; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde':'EWA'='B'; 'Berechnungen_Mulde-B_DWA-A_138-1';G20; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde':'EWA'='C'; 'Berechnungen_Mulde-C_DWA-A_138-1';G20; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde':'EWA'='D'; 'Berechnungen_Mulde-D_DWA-A_138-1';G20; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde':'EWA'='E'; 'Berechnungen_Mulde-E_DWA-A_138-1';G20) ;0)	Zuweisung der abflusswirksamen Fläche des Einzugsgebiets aus Berechnungen der zugehörigen Tabelle (Zelle G20), Tabellenbestimmung über <i>EWA</i> Die vorangestellte <i>IFFEHLER</i> -Funktion setzt das <i>ACs</i> auf 0, wenn keine passende <i>EWA</i> ausgewählt wurde (keine Tabelle vorhanden).
Qzu	Real	l/s	=IFFEHLER IFS('DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde':'EWA'='A'; 'Berechnungen_Mulde-A_DWA-A_138-1';j28; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde':'EWA'='B'; 'Berechnungen_Mulde-B_DWA-A_138-1';j28; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde':'EWA'='C'; 'Berechnungen_Mulde-C_DWA-A_138-1';j28; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde':'EWA'='D'; 'Berechnungen_Mulde-D_DWA-A_138-1';j28; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde':'EWA'='E'; 'Berechnungen_Mulde-E_DWA-A_138-1';j28) ;0)	Zuweisung des Zuflusses der abflusswirksamen Flächen aus Berechnungen der zugehörigen Tabelle (Zelle j28), Tabellenbestimmung über <i>EWA</i>
rDn	Real	l/(s·ha)	=IFFEHLER IFS('DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde':'EWA'='A'; 'Berechnungen_Mulde-A_DWA-A_138-1';j28; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde':'EWA'='B'; 'Berechnungen_Mulde-B_DWA-A_138-1';j28; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde':'EWA'='C'; 'Berechnungen_Mulde-C_DWA-A_138-1';j28; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde':'EWA'='D'; 'Berechnungen_Mulde-D_DWA-A_138-1';j28; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde':'EWA'='E'; 'Berechnungen_Mulde-E_DWA-A_138-1';j28) ;0)	Zuweisung der maßgebenden Regenspende aus Berechnungen der zugehörigen Tabelle (Zelle

Datenbank-feld	Datentyp (Vorgabe)	Einheit	Zuordnung bzw. Formelzuweisung am Beispiel der Mulde	Beschreibung
			'DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde'.EWA='A'; 'Berechnungen_Mulde-A_DWA-A_138-1':I31; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde'.EWA='B'; 'Berechnungen_Mulde-B_DWA-A_138-1':I31; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde'.EWA='C'; 'Berechnungen_Mulde-C_DWA-A_138-1':I31; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde'.EWA='D'; 'Berechnungen_Mulde-D_DWA-A_138-1':I31; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde'.EWA='E'; 'Berechnungen_Mulde-E_DWA-A_138-1':I31) ;0)	I31), Tabellenbestimmung über <i>EWA</i> Die vorangestellte <i>IFFEHLER</i> -Funktion setzt das rDn auf 0, wenn keine passende <i>EWA</i> ausgewählt wurde (keine Tabelle vorhanden).
D	Real	min	=IFFEHLER(IFS('DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde'.EWA='A'; 'Berechnungen_Mulde-A_DWA-A_138-1':I33; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde'.EWA='B'; 'Berechnungen_Mulde-B_DWA-A_138-1':I33; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde'.EWA='C'; 'Berechnungen_Mulde-C_DWA-A_138-1':I33; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde'.EWA='D'; 'Berechnungen_Mulde-D_DWA-A_138-1':I33; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde'.EWA='E'; 'Berechnungen_Mulde-E_DWA-A_138-1':I33) ;0)	Zuweisung der maßgebenden Dauer des Bemessungsregens aus Berechnungen der zugehörigen Tabelle (Zelle I33), Tabellenbestimmung über <i>EWA</i> Die vorangestellte <i>IFFEHLER</i> -Funktion setzt das <i>D</i> auf 0, wenn keine passende <i>EWA</i> ausgewählt wurde (keine Tabelle vorhanden).
n	Real	1/a	=30	Zuweisung der maßgebenden statistischen Wiederkehrhäufigkeit von Starkregen (im Rahmen dieser Arbeit immer 30)
Qs	Real	l/s	=DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde.'ki'*DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde.'As,m'*1000	Versickerungsleistung der Rigole nach Gl. 4 des DWA-A 138-1 $Qs = ki \cdot As,m \cdot 1000$

Datenbank-feld	Datentyp (Vorgabe)	Einheit	Zuordnung bzw. Formelzuweisung am Beispiel der Mulde	Beschreibung
VRueck SOLL	Real	m ³	=IFFEHLER(IFS('DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde':'EWA'=A'; 'Berechnungen_Mulde-A_DWA-A_138-1':C38; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde':'EWA'=B'; 'Berechnungen_Mulde-B_DWA-A_138-1':C38; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde':'EWA'=C'; 'Berechnungen_Mulde-C_DWA-A_138-1':C38; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde':'EWA'=D'; 'Berechnungen_Mulde-D_DWA-A_138-1':C38; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde':'EWA'=E'; 'Berechnungen_Mulde-E_DWA-A_138-1':C38) ;0)	Zuweisung des erforderlichen Rückhaltevolumens aus Berechnungen der zugehörigen Tabelle (Zelle C38), Tabellenbestimmung über <i>EWA</i> Die vorangestellte <i>IFFEHLER</i> -Funktion setzt das <i>VRueckSOLL</i> auf 0, wenn keine passende <i>EWA</i> ausgewählt wurde (keine Tabelle vorhanden).
VWA	Real	m ³	=IFFEHLER(IFS('DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde':'EWA'=A'; 'Berechnungen_Mulde-A_DWA-A_138-1':K28; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde':'EWA'=B'; 'Berechnungen_Mulde-B_DWA-A_138-1':K28; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde':'EWA'=C'; 'Berechnungen_Mulde-C_DWA-A_138-1':K28; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde':'EWA'=D'; 'Berechnungen_Mulde-D_DWA-A_138-1':K28; 'DB_Ueberflutungsnachweis_Mulde':'EWA'=E'; 'Berechnungen_Mulde-E_DWA-A_138-1':K28) ;0)	Zuweisung des erforderlichen Speichervolumens aus Berechnungen der zugehörigen Tabelle (Zelle K28), Tabellenbestimmung über <i>EWA</i> Die vorangestellte <i>IFFEHLER</i> -Funktion setzt das <i>VWA</i> auf 0, wenn keine passende <i>EWA</i> ausgewählt wurde (keine Tabelle vorhanden).

Tabelle 7: Datenbank „DB_Ueberflutungsnachweis_Rueckhaltevolumen“ mit Formeln zur Zuordnung der Attribute in den Datenbankfeldern

Datenbankfeld	Datentyp (Vorgabe)	Einheit	Zuordnung bzw. Formelzuweisung am Beispiel des Rückhaltevolumens	Beschreibung
EWA	Pop-up (A; B; C; D; E)	-	Manuell über Pop-up in der Infopalette	ID: eindeutige Zuordnung einer Entwässerungsanlage (Rückhaltevolumen von <i>EWA</i>)
VRueckLIST	Real	m ³	Manuell über Textfeld in der Infopalette	maximal mögliches Rückhaltevolumen an der Oberfläche
VRÜCKSOLL	Real	m ³	<pre>=IFFEHLER(IFS('DB_Ueberflutungsnachweis_Rueckhaltevolumen'.EWA' = 'A'; MAX(IFFEHLER('Berechnungen_Rigole-A_DWA-A_138-1':C38; 0); IFFEHLER('Berechnungen_Mulde-A_DWA-A_138-1':C38; 0); IFFEHLER('Berechnungen_Rinne-A_DIN_1986-100':C35; 0)); 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rueckhaltevolumen'.EWA' = 'B'; MAX(IFFEHLER('Berechnungen_Rigole-B_DWA-A_138-1':C38; 0); IFFEHLER('Berechnungen_Mulde-B_DWA-A_138-1':C38; 0); IFFEHLER('Berechnungen_Rinne-B_DIN_1986-100':C35; 0));</pre>	<p>Zuweisung des erforderlichen Rückhaltevolumens aus Berechnungen der zugehörigen Tabelle (Zelle C38/C35), Tabellenbestimmung über <i>EWA</i></p> <p>Da es für jede <i>EWA</i> nur eine gültige Tabelle gibt, können Verweise auf nicht vorhandene Tabellen zu Fehlern führen. Die <i>IFFEHLER</i>-Funktion ersetzt solche ungültigen Verweise durch 0. Auf diese Weise lässt sich mithilfe der <i>MAX</i>-Funktion das tatsächlich <i>VRueckSOLL</i> für die gewählte <i>EWA</i> ermitteln, da nur der Wert aus der passenden Tabelle größer als 0 ist.</p> <p>Die vorangestellte <i>IFFEHLER</i>-Funktion setzt das <i>VRueckSOLL</i></p>

Datenbankfeld	Datentyp (Vorgabe)	Einheit	Zuordnung bzw. Formelzuweisung am Beispiel des Rückhaltevolumens	Beschreibung
			<pre> 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rueckhaltevolumen'.EWA' = 'C'; MAX(IFFEHLER('Berechnungen_Rigole-C_DWA-A_138-1':C38; 0); IFFEHLER('Berechnungen_Mulde-C_DWA-A_138-1':C38; 0); IFFEHLER('Berechnungen_Rinne-C_DIN_1986-100':C35; 0)); 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rueckhaltevolumen'.EWA' = 'D'; MAX(IFFEHLER('Berechnungen_Rigole-D_DWA-A_138-1':C38; 0); IFFEHLER('Berechnungen_Mulde-D_DWA-A_138-1':C38; 0); IFFEHLER('Berechnungen_Rinne-D_DIN_1986-100':C35; 0)); 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rueckhaltevolumen'.EWA' = 'E'; MAX(IFFEHLER('Berechnungen_Rigole-E_DWA-A_138-1':C38; 0); IFFEHLER('Berechnungen_Mulde-E_DWA-A_138-1':C38; 0); IFFEHLER('Berechnungen_Rinne-E_DIN_1986-100':C35; 0))); 0) </pre>	auf 0 (und somit alle anderen Werte, da von <i>I/RueckSOLL</i> abhängig), wenn keine passende <i>EWA</i> ausgewählt wurde (keine Tabelle vorhanden).

Datenbankfeld	Datentyp (Vorgabe)	Einheit	Zuordnung bzw. Formelzuweisung am Beispiel des Rückhaltevolumens	Beschreibung
VRueck %	Real	%	<pre>=IF(('DB_Ueberflutungsnachweis_Rueckhaltevolumen':\VRueckSOLL' = 0); 0; IFS('DB_Ueberflutungsnachweis_Rueckhaltevolumen':EWA' = 'A'; MAX(IFFEHLER(WERT('Berechnungen_Rigole-A_DWA-A_138-1':D38); 0) * 100; IFFEHLER(WERT('Berechnungen_Mulde-A_DWA-A_138-1':D38); 0) * 100; IFFEHLER(WERT('Berechnungen_Rinne-A_DIN_1986-100':D35); 0) * 100); 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rueckhaltevolumen':EWA' = 'B'; MAX(IFFEHLER(WERT('Berechnungen_Rigole-B_DWA-A_138-1':D38); 0) * 100; IFFEHLER(WERT('Berechnungen_Mulde-B_DWA-A_138-1':D38); 0) * 100; IFFEHLER(WERT('Berechnungen_Rinne-B_DIN_1986-100':D35); 0) * 100); 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rueckhaltevolumen':EWA' = 'C'; MAX(IFFEHLER(WERT('Berechnungen_Rigole-C_DWA-A_138-1':D38); 0) * 100;</pre>	<p>Zuweisung der prozentualen Ausschöpfung des maximal möglichen Rückhaltevolumen aus Berechnungen der zugehörigen Tabelle (Zelle D38/D35), Tabellenbestimmung über <i>EWA</i></p> <p>Da es für jede <i>EWA</i> nur eine gültige Tabelle gibt, können Verweise auf nicht vorhandene Tabellen zu Fehlern führen. Die <i>IFFEHLER</i>-Funktion ersetzt solche ungültigen Verweise durch 0 und die <i>WERT</i>-Funktion stellt sicher, dass die Zelleninhalte als Zahl erkannt werden, da in den Tabellen auch der Wert „-“ als String vorkommt. Auf diese Weise lässt sich mithilfe der <i>MAX</i>-Funktion die tatsächlich <i>VRueck</i>% für die gewählte <i>EWA</i> ermitteln, da nur der Wert aus der passenden Tabelle größer als 0 ist.</p> <p>Falls kein Rückhaltevolumen benötigt wird (<i>VRueckSOLL</i> = 0) dann ist <i>VRueck</i>% = 0</p>

Datenbankfeld	Datentyp (Vorgabe)	Einheit	Zuordnung bzw. Formelzuweisung am Beispiel des Rückhaltevolumens	Beschreibung
			<pre> IFFEHLER(WERT('Berechnungen_Mulde-C_DWA-A_138-1';D38); 0) * 100; IFFEHLER(WERT('Berechnungen_Rinne-C_DIN_1986-100';D35); 0) * 100); 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rueckhaltevolumen'.EWA = 'D'; MAX(IFFEHLER(WERT('Berechnungen_Rigole-D_DWA-A_138-1';D38); 0) * 100; IFFEHLER(WERT('Berechnungen_Mulde-D_DWA-A_138-1';D38); 0) * 100; IFFEHLER(WERT('Berechnungen_Rinne-D_DIN_1986-100';D35); 0) * 100); 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rueckhaltevolumen'.EWA = 'E'; MAX(IFFEHLER(WERT('Berechnungen_Rigole-E_DWA-A_138-1';D38); 0) * 100; IFFEHLER(WERT('Berechnungen_Mulde-E_DWA-A_138-1';D38); 0) * 100; IFFEHLER(WERT('Berechnungen_Rinne-E_DIN_1986-100';D35); 0) * 100))) </pre>	
txt	String	-	=IF('DB_Ueberflutungsnachweis_Rueckhaltevolumen'.VRueck%>100); 'nein'; 'ja')	Textliche Rückgabe ob VRueck/ST für VRueckSOLL ausreichend ist, Bestimmung über VRueck%

Datenbankfeld	Datentyp (Vorgabe)	Einheit	Zuordnung bzw. Formelzuweisung am Beispiel des Rückhaltevolumens	Beschreibung
rDn	Real	l/(s·ha)	<pre>=IF(('DB_Ueberflutungsnachweis_Rueckhaltevolumen'.\VRueckSOLL' = 0); 0; IFS('DB_Ueberflutungsnachweis_Rueckhaltevolumen'.EWA' = 'A'; MAX(IFFEHLER('Berechnungen_Rigole-A_DWA-A_138-1':K31; 0); IFFEHLER('Berechnungen_Mulde-A_DWA-A_138-1':K31; 0); IFFEHLER('Berechnungen_Rinne-A_DIN_1986-100':C28; 0)); 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rueckhaltevolumen'.EWA' = 'B'; MAX(IFFEHLER('Berechnungen_Rigole-B_DWA-A_138-1':K31; 0); IFFEHLER('Berechnungen_Mulde-B_DWA-A_138-1':K31; 0); IFFEHLER('Berechnungen_Rinne-B_DIN_1986-100':C28; 0)); 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rueckhaltevolumen'.EWA' = 'C'; MAX(IFFEHLER('Berechnungen_Rigole-C_DWA-A_138-1':K31; 0);</pre>	<p>Zuweisung der maßgebenden Regenspende aus Berechnungen der zugehörigen Tabelle (Zelle K31/C28), Tabellenbestimmung über <i>EWA</i></p> <p>Da es für jede <i>EWA</i> nur eine gültige Tabelle gibt, können Verweise auf nicht vorhandene Tabellen zu Fehlern führen. Die <i>IFFEHLER</i>-Funktion ersetzt solche ungültigen Verweise durch 0. Auf diese Weise lässt sich mithilfe der <i>MAX</i>-Funktion die tatsächlich <i>rDn</i> für die gewählte <i>EWA</i> ermitteln, da nur der Wert aus der passenden Tabelle größer als 0 ist.</p> <p>Falls kein Rückhaltevolumen benötigt wird (<i>VRueckSOLL</i> = 0) dann ist <i>rDn</i> = 0</p>

Daten- bank- feld	Datentyp (Vorgabe)	Einheit	Zuordnung bzw. Formelzuweisung am Beispiel des Rückhaltevolumens	Beschreibung
			<pre> IFFEHLER('Berechnungen_Mulde-C_DWA-A_138-1';K31; 0); IFFEHLER('Berechnungen_Rinne-C_DIN_1986-100';C28; 0)); 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rueckhaltevolumen'.EWA = 'D'; MAX(IFFEHLER('Berechnungen_Rigole-D_DWA-A_138-1';K31; 0); IFFEHLER('Berechnungen_Mulde-D_DWA-A_138-1';K31; 0); IFFEHLER('Berechnungen_Rinne-D_DIN_1986-100';C28; 0)); 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rueckhaltevolumen'.EWA = 'E'; MAX(IFFEHLER('Berechnungen_Rigole-E_DWA-A_138-1';K31; 0); IFFEHLER('Berechnungen_Mulde-E_DWA-A_138-1';K31; 0); IFFEHLER('Berechnungen_Rinne-E_DIN_1986-100';C28; 0)))) </pre>	
D	Real	min	<pre> =IF(('DB_Ueberflutungsnachweis_Rueckhaltevolumen'.VRuecksOLL' = 0); </pre>	Zuweisung der maßgebenden Dauer des Bemessungsregens aus Berechnungen der

Datenbankfeld	Datentyp (Vorgabe)	Einheit	Zuordnung bzw. Formelzuweisung am Beispiel des Rückhaltevolumens	Beschreibung
			<pre> 0; IFS('DB_Ueberflutungsnachweis_Rueckhaltevolumen'.EWA = 'A'; MAX(IFFEHLER('Berechnungen_Rigole-A_DWA-A_138-1':K33; 0); IFFEHLER('Berechnungen_Mulde-A_DWA-A_138-1':K33; 0); IFFEHLER('Berechnungen_Rinne-A_DIN_1986-100':B28; 0)); 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rueckhaltevolumen'.EWA = 'B'; MAX(IFFEHLER('Berechnungen_Rigole-B_DWA-A_138-1':K33; 0); IFFEHLER('Berechnungen_Mulde-B_DWA-A_138-1':K33; 0); IFFEHLER('Berechnungen_Rinne-B_DIN_1986-100':B28; 0)); 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rueckhaltevolumen'.EWA = 'C'; MAX(IFFEHLER('Berechnungen_Rigole-C_DWA-A_138-1':K33; 0); IFFEHLER('Berechnungen_Mulde-C_DWA-A_138-1':K33; 0); IFFEHLER('Berechnungen_Rinne-C_DIN_1986-100':B28; 0)); </pre>	<p>zugehörigen Tabelle (Zelle K33/B28), Tabellenbestimmung über <i>EWA</i></p> <p>Da es für jede <i>EWA</i> nur eine gültige Tabelle gibt, können Verweise auf nicht vorhandene Tabellen zu Fehlern führen. Die <i>IFFEHLER</i>-Funktion ersetzt solche ungültigen Verweise durch 0. Auf diese Weise lässt sich mithilfe der <i>MAX</i>-Funktion die tatsächlich für die gewählte <i>EWA</i> ermittelte, da nur der Wert aus der passenden Tabelle größer als 0 ist.</p> <p>Falls kein Rückhaltevolumen benötigt wird (<i>VRueckSOLL</i> = 0) dann ist <i>D</i> = 0</p>

Datenbankfeld	Datentyp (Vorgabe)	Einheit	Zuordnung bzw. Formelzuweisung am Beispiel des Rückhaltevolumens	Beschreibung
			<pre>'DB_Ueberflutungsnachweis_Rueckhaltevolumen'.EWA' = 'D'; MAX(IFFEHLER('Berechnungen_Rigole-D_DWA-A_138-1':K33; 0); IFFEHLER('Berechnungen_Mulde-D_DWA-A_138-1':K33; 0); IFFEHLER('Berechnungen_Rinne-D_DIN_1986-100':B28; 0)); 'DB_Ueberflutungsnachweis_Rueckhaltevolumen'.EWA' = 'E'; MAX(IFFEHLER('Berechnungen_Rigole-E_DWA-A_138-1':K33; 0); IFFEHLER('Berechnungen_Mulde-E_DWA-A_138-1':K33; 0); IFFEHLER('Berechnungen_Rinne-E_DIN_1986-100':B28; 0)))</pre>	
n	Real	1/a	=IF(('DB_Ueberflutungsnachweis_Rueckhaltevolumen'.VRuecksOLL'=0); 0; 30)	<p>Zuweisung der maßgebenden statistischen Wiederkehrhäufigkeit von Starkregen (im Rahmen dieser Arbeit immer 30)</p> <p>Falls kein Rückhaltevolumen benötigt wird (<i>VRuecksOLL</i> = 0) dann ist <i>n</i> = 0</p>

Tabelle 8: Datenbank "DB_KOSTRA-DWD-2020_RN"

Feldname	Datentyp	Vorgabewert	Einheit	Beschreibung
INDEX_RC	Integer	0	-	ID: Vorgabe aus KOSTRA-DWD
ZAEHLER	String	x	-	Zähler für Berechnung
D00005_001	Real	0	l/(s·ha)	Regenspende mit Dauerstufe von 5 Minuten und einer statistischen Wiederkehrhäufigkeit von einem Jahr
...	Real	0	l/(s·ha)	Weiterführend alle Regenspenden nach KOSTRA-DWD bis D10080_100
D10080_100	Real	0	l/(s·ha)	Regenspende mit Dauerstufe von 10080 Minuten und einer statistischen Wiederkehrhäufigkeit von 100 Jahren
D00005	Real	5	min	Dauerstufe von 5 Minuten
...	Real	...	min	Weiterführend alle Dauerstufen nach KOSTRA-DWD bis D10080
D10080	Real	10080	min	Dauerstufe von 10080 Minuten

Anhangsverzeichnis

Anhang 1	Berechnungstabellen	160
Anhang 1.1	Berechnungen_Rigole-A_DWA-A_138-1	160
Anhang 1.2	Berechnungen_Mulde-B_DWA-A_138-1	161
Anhang 1.3	Berechnungen_Rinne-C_DIN_1986-100.....	162
Anhang 1.4	Berechnungen_Rinne-D_DIN_1986-100	163
Anhang 1.5	Berechnungen_Rinne-E_DIN_1986-100.....	164
Anhang 2	Berechnungen aus Referenzprojekt.....	165
Anhang 2.1	ATV-DVWK-A_138_Flächen	165
Anhang 2.2	ATV-DVWK-A_138_Dimensionierung	166
Anhang 3	Lageplan Einzugsräume	168
Anhang 3.1	Einzugsräume nach Einzugsgebiet	168
Anhang 3.2	Einzugsräume nach Flächenart	169
Anhang 4	Ingenieurgesellschaft <i>für Stadthydrologie mbH</i>.....	170
Anhang 4.1	Protokoll des Meetings vom 17.01.2025.....	170
Anhang 4.2	Prüfung der Berechnungen durch ifs.....	179

Anhang 1.2 Berechnungen_Mulde-B_DWA-A_138-1

Berechnungen für die Dimensionierung der Mulde B nach DWA-A 138-1

Bedingungen für einfaches Verfahren	
<p>Maximale Größe des Einzelpartikels: 500 µm</p> <p>Maximale Anzahl der Einzelpartikel: 15</p> <p>Die Probe muss gefrierfähig sein (Speicherdauer max. 50 Jahre (Tabelle 8))</p> <p>Die Probe muss mit einem Durchmesser von 3,2 bis 5,2 mm (Ø) sein</p>	<p>1. </p> <p>2. </p> <p>3. </p> <p>4. </p> <p>5. </p> <p>6. </p> <p>7. </p> <p>8. </p> <p>9. </p> <p>10. </p> <p>11. </p> <p>12. </p> <p>13. </p> <p>14. </p> <p>15. </p> <p>16. </p> <p>17. </p> <p>18. </p> <p>19. </p> <p>20. </p> <p>21. </p> <p>22. </p> <p>23. </p> <p>24. </p> <p>25. </p> <p>26. </p> <p>27. </p> <p>28. </p> <p>29. </p> <p>30. </p> <p>31. </p> <p>32. </p> <p>33. </p> <p>34. </p> <p>35. </p> <p>36. </p> <p>37. </p> <p>38. </p> <p>39. </p> <p>40. </p> <p>41. </p> <p>42. </p> <p>43. </p> <p>44. </p> <p>45. </p> <p>46. </p> <p>47. </p> <p>48. </p> <p>49. </p> <p>50. </p>

[illegible]

Maße und Daten von Mulde B.

[illegible]

Rückhaltvolumen von Mulde B

[illegible]

Es wird kein Rückhaltevolumen benötigt!

Berechnung des erforderlichen Speichervolumens der Mulde VWA

$$\text{Eq. (14)} \quad \nabla^2 A = (f(A)Q_m + A \nabla A) \cdot 10^{-2} - rQ(5) - A_s \cdot k) \cdot D \cdot 60 \cdot fZ$$

Parameter	12 m m/s	20 m/s	25 m/s
α	1.0	1.0	1.0
β	1.0	1.0	1.0
γ	1.0	1.0	1.0
δ	1.0	1.0	1.0
ϵ	1.0	1.0	1.0
ζ	1.0	1.0	1.0
η	1.0	1.0	1.0
θ	1.0	1.0	1.0
ι	1.0	1.0	1.0
κ	1.0	1.0	1.0
λ	1.0	1.0	1.0
μ	1.0	1.0	1.0
ν	1.0	1.0	1.0
ξ	1.0	1.0	1.0
π	1.0	1.0	1.0
σ	1.0	1.0	1.0
τ	1.0	1.0	1.0
υ	1.0	1.0	1.0
ϕ	1.0	1.0	1.0
χ	1.0	1.0	1.0
ψ	1.0	1.0	1.0
ω	1.0	1.0	1.0
κ	1.0	1.0	1.0
λ	1.0	1.0	1.0
μ	1.0	1.0	1.0
ν	1.0	1.0	1.0
ξ	1.0	1.0	1.0
π	1.0	1.0	1.0
σ	1.0	1.0	1.0
τ	1.0	1.0	1.0
υ	1.0	1.0	1.0
ϕ	1.0	1.0	1.0
χ	1.0	1.0	1.0
ψ	1.0	1.0	1.0
ω	1.0	1.0	1.0
κ	1.0	1.0	1.0
λ	1.0	1.0	1.0
μ	1.0	1.0	1.0
ν	1.0	1.0	1.0
ξ	1.0	1.0	1.0
π	1.0	1.0	1.0
σ	1.0	1.0	1.0
τ	1.0	1.0	1.0
υ	1.0	1.0	1.0
ϕ	1.0	1.0	1.0
χ	1.0	1.0	1.0
ψ	1.0	1.0	1.0
ω	1.0	1.0	1.0
κ	1.0	1.0	1.0
λ	1.0	1.0	1.0
μ	1.0	1.0	1.0
ν	1.0	1.0	1.0
ξ	1.0	1.0	1.0
π	1.0	1.0	1.0
σ	1.0	1.0	1.0
τ	1.0	1.0	1.0
υ	1.0	1.0	1.0
ϕ	1.0	1.0	1.0
χ	1.0	1.0	1.0
ψ	1.0	1.0	1.0
ω	1.0	1.0	1.0
κ	1.0	1.0	1.0
λ	1.0	1.0	1.0
μ	1.0	1.0	1.0
ν	1.0	1.0	1.0
ξ	1.0	1.0	1.0
π	1.0	1.0	1.0
σ	1.0	1.0	1.0
τ	1.0	1.0	1.0
υ	1.0	1.0	1.0
ϕ	1.0	1.0	1.0
χ	1.0	1.0	1.0
ψ	1.0	1.0	1.0
ω	1.0	1.0	1.0
κ	1.0	1.0	1.0
λ	1.0	1.0	1.0
μ	1.0	1.0	1.0
ν	1.0	1.0	1.0
ξ	1.0	1.0	1.0
π	1.0	1.0	1.0
σ	1.0	1.0	1.0
τ	1.0	1.0	1.0
υ	1.0	1.0	1.0
ϕ	1.0	1.0	1.0
χ	1.0	1.0	1.0
ψ	1.0	1.0	1.0
ω	1.0	1.0	1.0
κ	1.0	1.0	1.0
λ	1.0	1.0	1.0
μ	1.0	1.0	1.0
ν	1.0	1.0	1.0
ξ	1.0	1.0	1.0
π	1.0	1.0	1.0
σ	1.0	1.0	1.0
τ	1.0	1.0	1.0
υ	1.0	1.0	1.0
ϕ	1.0	1.0	1.0
χ	1.0	1.0	1.0
ψ	1.0	1.0	1.0
ω	1.0	1.0	1.0
κ	1.0	1.0	1.0
λ	1.0	1.0	1.0
μ	1.0	1.0	1.0
ν	1.0	1.0	1.0
ξ	1.0	1.0	1.0
π	1.0	1.0	1.0
σ	1.0	1.0	1.0
τ	1.0	1.0	1.0
υ	1.0	1.0	1.0
ϕ	1.0	1.0	1.0
χ	1.0	1.0	1.0
ψ	1.0	1.0	1.0
ω	1.0	1.0	1.0
κ	1.0	1.0	1.0
λ	1.0	1.0	1.0
μ	1.0	1.0	1.0
ν	1.0	1.0	1.0
ξ	1.0	1.0	1.0
π	1.0	1.0	1.0
σ	1.0	1.0	1.0
τ	1.0	1.0	1.0
υ	1.0	1.0	1.0
ϕ	1.0	1.0	1.0
χ	1.0	1.0	1.0
ψ	1.0	1.0	1.0
ω	1.0	1.0	1.0
κ	1.0	1.0	1.0
λ	1.0	1.0	1.0
μ	1.0	1.0	1.0
ν	1.0	1.0	1.0
ξ	1.0	1.0	1.0
π	1.0	1.0	1.0
σ	1.0	1.0	1.0
τ	1.0	1.0	1.0
υ	1.0	1.0	1.0
ϕ	1.0	1.0	1.0
χ	1.0	1.0	1.0
ψ	1.0	1.0	1.0
ω	1.0	1.0	1.0
κ	1.0	1.0	1.0
λ	1.0	1.0	1.0
μ	1.0	1.0	1.0
ν	1.0	1.0	1.0
ξ	1.0	1.0	1.0
π	1.0	1.0	1.0
σ	1.0	1.0	1.0
τ	1.0	1.0	1.0
υ	1.0	1.0	1.0
ϕ	1.0	1.0	1.0
χ	1.0	1.0	1.0
ψ	1.0	1.0	1.0
ω	1.0	1.0	1.0
κ	1.0	1.0	1.0
λ	1.0	1.0	1.0
μ	1.0	1.0	1.0
ν	1.0	1.0	1.0
ξ	1.0	1.0	1.0
π	1.0	1.0	1.0
σ	1.0	1.0	1.0
τ	1.0	1.0	1.0
υ	1.0	1.0	1.0
ϕ	1.0	1.0	1.0
χ	1.0	1.0	1.0
ψ	1.0	1.0	1.0
ω	1.0	1.0	1.0
κ	1.0	1.0	1.0
λ	1.0	1.0	1.0
μ	1.0	1.0	1.0
ν	1.0	1.0	1.0
ξ	1.0	1.0	1.0
π	1.0	1.0	1.0
σ	1.0	1.0	1.0
τ	1.0	1.0	1.0
υ	1.0	1.0	1.0
ϕ	1.0	1.0	1.0
χ	1.0	1.0	1.0
ψ	1.0	1.0	1.0
ω	1.0	1.0	1.0
κ	1.0	1.0	1.0
λ	1.0	1.0	1.0
μ	1.0	1.0	1.0
ν	1.0	1.0	1.0
ξ	1.0	1.0	1.0
π	1.0	1.0	1.0
σ	1.0	1.0	1.0
τ	1.0	1.0	1.0
υ	1.0	1.0	1.0
ϕ	1.0	1.0	1.0
χ	1.0	1.0	1.0
ψ	1.0	1.0	1.0
ω	1.0	1.0	1.0
κ	1.0	1.0	1.0
λ	1.0	1.0	1.0
μ	1.0	1.0	1.0
ν	1.0	1.0	1.0
ξ	1.0	1.0	1.0
π	1.0	1.0	1.0
σ	1.0	1.0	1.0
τ	1.0	1.0	1.0
υ	1.0	1.0	1.0
ϕ	1.0	1.0	1.0
χ	1.0	1.0	1.0
ψ	1.0	1.0	1.0
ω	1.0	1.0	1.0
κ	1.0	1.0	1.0
λ	1.0	1.0	1.0
μ	1.0	1.0	1.0
ν	1.0	1.0	1.0
ξ	1.0	1.0	1.0
π	1.0	1.0	1.0
σ	1.0	1.0	1.0
τ	1.0	1.0	1.0
υ	1.0	1.0	1.0
ϕ	1.0	1.0	1.0
χ	1.0	1.0	1.0
ψ	1.0	1.0	1.0
ω	1.0	1.0	1.0
κ	1.0	1.0	1.0
λ	1.0	1.0	1.0
μ	1.0	1.0	1.0
ν	1.0	1.0	1.0
ξ	1.0	1.0	1.0
π	1.0	1.0	1.0
σ	1.0	1.0	1.0
τ	1.0	1.0	1.0
υ	1.0	1.0	1.0
ϕ	1.0	1.0	1.0
χ	1.0	1.0	1.0
ψ	1.0	1.0	1.0
ω	1.0	1.0	1.0
κ	1.0	1.0	1.0
λ	1.0	1.0	1.0
μ	1.0	1.0	1.0
ν	1.0	1.0	1.0
ξ	1.0	1.0	1.0
π	1.0	1.0	1.0
σ	1.0	1.0	1.0
τ	1.0	1.0	1.0
υ	1.0	1.0	1.0
ϕ	1.0	1.0	1.0
χ	1.0	1.0	1.0
ψ	1.0	1.0	1.0
ω	1.0	1.0	1.0
κ	1.0	1.0	1.0
λ	1.0	1.0	1.0
μ	1.0	1.0	1.0
ν	1.0	1.0	1.0
ξ	1.0	1.0	1.0
π	1.0	1.0	1.0
σ	1.0	1.0	1.0
τ	1.0	1.0	1.0
υ	1.0	1.0	1.0
ϕ	1.0	1.0	1.0
χ	1.0	1.0	1.0
ψ	1.0	1.0	1.0
ω	1.0	1.0	1.0
κ	1.0	1.0	1.0
λ	1.0	1.0	1.0
μ	1.0	1.0	1.0
ν	1.0	1.0	1.0
ξ	1.0	1.0	1.0
π	1.0	1.0	1.0
σ	1.0	1.0	1.0
τ	1.0	1.0	1.0
υ	1.0	1.0	1.0
ϕ	1.0	1.0	1.0
χ	1.0	1.0	1.0
ψ	1.0	1.0	1.0
ω	1.0	1.0	1.0
κ	1.0	1.0	1.0
λ	1.0	1.0	1.0
μ	1.0	1.0	1.0
ν	1.0	1.0	1.0
ξ	1.0	1.0	1.0
π	1.0	1.0	1.0
σ	1.0	1.0	1.0
τ	1.0	1.0	1.0
υ	1.0	1.0	1.0
ϕ	1.0	1.0	1.0
χ	1.0	1.0	1.0
ψ	1.0	1.0	1.0
ω	1.0	1.0	1.0
κ	1.0	1.0	1.0
λ	1.0	1.0	1.0
μ	1.0	1.0	1.0
ν	1.0	1.0	1.0
ξ	1.0	1.0	1.0
π	1.0	1.0	1.0
σ	1.0	1.0	1.0
τ	1.0	1.0	1.0
υ	1.0	1.0	1.0
ϕ	1.0	1.0	1.0
χ	1.0	1.0	1.0
ψ	1.0	1.0	1.0
ω	1.0	1.0	1.0
κ	1.0	1.0	1.0
λ	1.0	1.0	1.0
μ	1.0	1.0	1.0
ν	1.0	1.0	1.0
ξ	1.0	1.0	1.0
π	1.0	1.0	1.0
σ	1.0	1.0	1.0
τ	1.0	1.0	1.0
υ	1.0	1.0	1.0
ϕ	1.0	1.0	1.0
χ	1.0	1.0	1.0
ψ	1.0	1.0	1.0
ω	1.0	1.0	1.0
κ	1.0	1.0	1.0
λ	1.0	1.0	1.0
μ	1.0	1.0	1.0
ν	1.0	1.0	1.0
ξ	1.0	1.0	1.0
π	1.0	1.0	1.0
σ	1.0	1.0	1.0
τ	1.0	1.0	1.0
υ	1.0	1.0	1.0
ϕ	1.0	1.0	1.0
χ	1.0	1.0	1.0
ψ	1.0	1.0	1.0
ω	1.0	1.0	1.0
κ	1.0	1.0	1.0
λ	1.0	1.0	1.0
μ	1.0		

Berechnung des Rückhaltvolumens

$$\text{Eq. (10) } V_{\text{RACIALCOLL}} = (V_{\text{COLL}} - (ACs + AWA) / 10,000) \cdot (Qs + QW) \cdot (P - 60 / 1000) \cdot V_6$$
[illegible]

Anhang 1.3 Berechnungen_Rinne-C_DIN_1986-100

Berechnungen für die Dimensionierung der Rinne C nach DIN 1986-100

Eingabedaten aus dem Datensatz der Objekte
Manuelle Eingabe
Ergebnisse

Ermittlung der angeschlossenen abflusswirksamen Flächen ACs

Einzugsgebiet	Einzugsraum	Spitzenabflussbeiwert Cs	Gesamtläche Einzugsgebiet AE	Summe abflusswirksamen Flächen ACs
G	1	0,9	137,78 m²	125,08 m²
C	2	0,9	8,26 m²	7,43 m²
C	3	1,0	8,13 m²	8,13 m²
C	4	0,9	31,88 m²	28,69 m²
C	5	0,9	33,26 m²	29,93 m²
C	6	0,9	53,69 m²	48,22 m²
C	8	1,0	2,67 m²	2,67 m²

Maße und Daten von Rinne C

Entwässerungseinrichtung	Länge der Rinnen l	Breite der Rinne b	Höhe der Rinne h	Entwässerungsquerschnitt Eq	Speichervolumen Vs (Vs = Eq · l)	Zufluss Qzu Qzu = r(D/0) · (ACs + AVA) · 10 ⁻⁴	Erforderliches Rückhalthavolumen VRuecksOLL GL (20) VRuecksOLL = (r(D/30) · AE - (r(D/2) · ACs)) · (10.000 · 1.000)) · Vs
C	7,00 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m²	0,522 m³	7,380 l/s	0,478 m³
C	1,00 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m²	0,075 m³		0,075 m³
C	1,00 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m²	0,075 m³		0,075 m³
C	1,00 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m²	0,075 m³		0,075 m³
C	1,00 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m²	0,075 m³		0,075 m³
C	1,00 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m²	0,075 m³		0,075 m³
C	1,00 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m²	0,075 m³		0,075 m³

Örtliche Regendaten mit einer Regenhäufigkeit von 2 und 30 Jahren

Anzahl an Rasterdaten	D in min	383,30 r(D) in l/s·ha
x	5	383,30
x	5	990,00 r(D30) in l/s·ha
x	5	990,00

Rückhalthavolumen von Rinne C

Rückhalthavolumen von	max. mögl. Rückhalthavolumen	erforderliches Rückhalthavolumen	ausgeschöpftes Rückhalthavolumen
G	0,531 m³	0,478 m³	90% ✓
	0,531 m³		

Das anfallende Regenwasser kann schadlos zurückgehalten werden!

Anhang 1.4 Berechnungen_Rinne-D_DIN_1986-100

Berechnungen für die Dimensionierung der Rinne D nach DIN 1986-100

Eingabedaten aus dem Datensatz der Objekte
Minimale Eingangsdaten
Ergebnisse

Ermittlung der angeschlossenen abflusswirksamen Flächen ACs

Einzugsgebiet		Einzugsraum		Spitzenabflusskoeffizient C _s	Höhenkoeffizient C _h	Gesamtfläche Einzugsgebiet AE	Summe abfluss wirksamen Flächen ACs
D	1	1	1,0	0,1	1,0	339,47 m²	306,57 m²
D	2	2	1,0	1,0	1,0	4,20 m²	4,20 m²
D	3	3	1,0	1,0	1,0	3,73 m²	3,73 m²
D	4	4	1,0	1,0	1,0	3,73 m²	3,73 m²

Maße und Daten von Rinne D

Einbauanordnung		Länge der Rinne l	Breite der Rinne b	Höhe der Rinne h	Einbauanordnungsquerschnitt Eq	Speichervolumen Vs (Vs = Eq · l)	Zufluss Q _{zu} Q _{zu} = (Q30) · ACs + AVA · 10 ⁻⁴	Erforderliches Rückhaltevolumen VR _{ued} SOLL Gl. (20) VR _{ued} SOLL = (r(D,30) · AE - (r(D,2) · ACs)) · (ID - 60) / (10.000 · 1.000) · Vs
D	1	3,40 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	2	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	3	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	4	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	5	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	6	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	7	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	8	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	9	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	10	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	11	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	12	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	13	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	14	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	15	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	16	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	17	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	18	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	19	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	20	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	21	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	22	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	23	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	24	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	25	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	26	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	27	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	28	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	29	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	30	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	31	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	32	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	33	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	34	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	35	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	36	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	37	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	38	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	39	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	40	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	41	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	42	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	43	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	44	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	45	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	46	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	47	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	48	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	49	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	50	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	51	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	52	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	53	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	54	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	55	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	56	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	57	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	58	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	59	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	60	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	61	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	62	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	63	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	64	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	65	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	66	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	67	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	68	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	69	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	70	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	71	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	72	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	73	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	74	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	75	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	76	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	77	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	78	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	79	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	80	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	81	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	82	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	83	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	84	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	85	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	86	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	87	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	88	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	89	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	90	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	91	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	92	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	93	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	94	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	95	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	96	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	97	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	98	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	99	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³
D	100	1,00 m	0,25 m	0,25 m	0,45 m	0,075 m³	0,075 m³	0,075 m³

Örtliche Regendaten mit einer Regenhäufigkeit von 2 und 30 Jahren

Anzahl an Rasterdaten	D in min	r(D) in l/s·ha
1	5	385,30
x	5	385,30
1	5	590,00
x	5	590,00

Rückhaltevolumen von Rinne D

Rückhaltevolumen von	max. mögl. Rückhaltevolumen	erforderliches Rückhaltevolumen	ausgeschöpftes Rückhaltevolumen
D	0,000 m³	0,000 m³	✓

Es wird kein Rückhaltevolumen benötigt!

Anhang 1.5 Berechnungen_Rinne-E_DIN_1986-100

Berechnungen für die Dimensionierung der Rinne E nach DIN 1986-100

Eingabedaten aus dem Datensatz der Objekte
Manuelle Eingabe
Ergebnisse

Ermittlung der angeschlossenen abflusswirksamen Flächen ACs

Einzugsgebiet		Sitzmaßflussbeiwert Cs		Gesamtläche Einzugsgebiet AE		Summe abflusswirksamen Flächen ACs	
E	--		0,9	25,18 m²		25,36 m²	
E	1		0,9	25,18 m²		25,36 m²	

Maße und Daten von Rinne E

Entwässerungseinrichtung	Länge der Rinne l	Breite der Rinne b	Höhe der Rinne h	Entwässerungsquerschnitt Eq	Speichervolumen Vs (Vs = Eq · l)	Zufluss Qzu Qzu = rD(30) · (ACs + AVA) · 10 ⁻⁴	Erforderliches Rückhaltevolumen VRueckSOLL Qzu · (20) VRueckSOLL = (rD(30) · AE - (rD(2) · ACs)) · (lD · 60) / (10.000 - 1.000)) · Vs
E	6,00 m	0,15 m	0,38 m	0,036 m²	0,213 m³	1,496 l/s	0,006 m³
E	1,00 m	0,15 m	0,38 m	0,036 m²	0,036 m³		0,036 m³
E	1,00 m	0,15 m	0,38 m	0,036 m²	0,036 m³		0,036 m³
E	1,00 m	0,15 m	0,38 m	0,036 m²	0,036 m³		0,036 m³
E	1,00 m	0,15 m	0,38 m	0,036 m²	0,036 m³		0,036 m³
E	1,00 m	0,15 m	0,38 m	0,036 m²	0,036 m³		0,036 m³

Örtliche Regendaten mit einer Regenhäufigkeit von 2 und 30 Jahren

Anzahl an Rasterdaten	D in min	
1	5	383,30 rD(2) in l/s·ha
x	5	383,30
1	5	590,00 rD(30) in l/s·ha
x	5	590,00

Rückhaltevolumen von Rinne E

Rückhaltevolumen von	max. mögl. Rückhaltevolumen	erforderliches Rückhaltevolumen	ausgeschöpftes Rückhaltevolumen
E	0,000 m³	0,000 m³	- ✓

Es wird kein Rückhaltevolumen benötigt!

Anhang 2 Berechnungen aus Referenzprojekt

Anhang 2.1 ATV-DVWK-A_138_Flächen

Ermittlung der abflusswirksamen Flächen A_u nach ATV- DVWK-A 138

Flächentyp	Art der Befestigung mit empfohlenen mittleren Abflussbeiwerten Ψ_m	Teilfläche A_E [m ²]	Ψ_m gewählt	Teilfläche A_u [m ²]
Schrägdach	Metall, Glas, Schiefer, Faserzement: 0,9 - 1,0			
	Ziegel, Dachpappe: 0,8 - 1,0			
Flachdach (Neigung bis 3° oder ca. 5%)	Metall, Glas, Faserzement: 0,9 - 1,0			
	Dachpappe: 0,9	415,83	0,90	374
	Kies: 0,7			
Gründach (Neigung bis 15° oder ca. 25%)	humusiert <10 cm Aufbau: 0,5	1178,64	0,50	589
	humusiert >10 cm Aufbau: 0,3			
Straßen, Wege und Plätze (flach)	Asphalt, fugenloser Beton: 0,9	116,05	1,00	116
	Pflaster mit dichten Fugen: 0,75	1019,16	0,75	764
	fester Kiesbelag: 0,6	160,104	0,60	96
	Pflaster mit offenen Fugen: 0,5			
	lockerer Kiesbelag, Schotterrasen: 0,3			
	Verbundsteine mit Fugen, Sickersteine: 0,25			
	Rasengittersteine: 0,15	492,84	0,15	74
Böschungen, Bankette und Gräben	toniger Boden: 0,5			
	lehmgiger Sandboden: 0,4			
	Kies- und Sandboden: 0,3			
Gärten, Wiesen und Kulturland	flaches Gelände: 0,0 - 0,1			
	steiles Gelände: 0,1 - 0,3			

Gesamtfläche Einzugsgebiet A_E [m²]	3382,6
Summe undurchlässige Fläche A_u [m²]	2013,0
resultierender mittlerer Abflussbeiwert	0,60

Bemerkungen:

Einzugsgebiet von Rigole 1.

Drainpflasterfläche gesamt 1.930 m² lt. Plan Grundriss Entwässerung
davon 1.420 m² (gerundet 1500 m²) Einleitung in Rigole 1, 380 m² in Rigole 2
und 130 m² in Rigole 3.

Anhang 2.2 ATV-DVWK-A_138_Dimensionierung

Dimensionierung einer Rigole oder Rohr-Rigole nach ATV- DVWK-A 138

Studentisches Wohnen / Mikroappartements
Strehleener Straße 20
01069 Dresden

Auftraggeber:

Storch Landschaftsarchitektur
Hechtstraße 28
01097 Dresden

Rigolenversickerung:

FK-Rigole Parkplatz, Bemessung vom 17.04.24

Eingabedaten:

$$L = (A_u \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot D \cdot 60) / (b_R \cdot h \cdot s_{RR} + (b_R + h/2) \cdot D \cdot 60 \cdot k_f/2 \cdot f_z)$$

Einzugsgebietsfläche	A_E	m ²	2.013
Abflussbeiwert gem. Tabelle 2 (ATV-DVWK-A 138)	Ψ_m	1	1,00
undurchlässige Fläche	A_u	m ²	2.013
Durchlässigkeitsbeiwert der gesättigten Zone	k_f	m/s	5,0E-06
Höhe der Rigole	h	m	0,9
Breite der Rigole	b_R	m	5
Speicherkoefizient des Füllmaterials der Rigole	s_R	1	0,95
Außendurchmesser des Rohres in der Rigole	d_a	mm	
Innendurchmesser des Rohres in der Rigole	d_i	mm	
gewählte Anzahl der Rohre in der Rigole	a	1	1
Gesamtspeicherkoefizient	s_{RR}	1	0,95
Wasseraustrittsfläche des Rohres	$A_{Austritt}$	cm ² /m	
gewählte Regenhäufigkeit	n	1/Jahr	0,2
Zuschlagsfaktor	f_z	1	1,15

Bemerkungen:

Füllkörperrigole mit Speicherkoefizient 0,95,
hier: ACO Stormbrixx HD 900 (H=914 mm), eine Lage
Maße Rigole geplant: 25,10 x 5,40 x 0,91 m
(21 x 9 Füllkörper)
Überdeckung mindestens 800 mm

Dimensionierung einer Rigole oder Rohr-Rigole nach ATV- DVWK-A 138

Studentisches Wohnen / Mikroappartements
Strehleener Straße 20
01069 Dresden

Auftraggeber:

Storch Landschaftsarchitektur
Hechtstraße 28
01097 Dresden

Rigolenversickerung:

FK-Rigole Parkplatz, Bemessung vom 17.04.24

örtliche Regendaten:

D [min]	$r_{D(n)}$ [l/(s*ha)]
180	33,5
240	27,1
360	20,0
540	14,8
720	11,9
1080	8,8
1440	7,1
2880	4,2
4320	3,1

Berechnung:

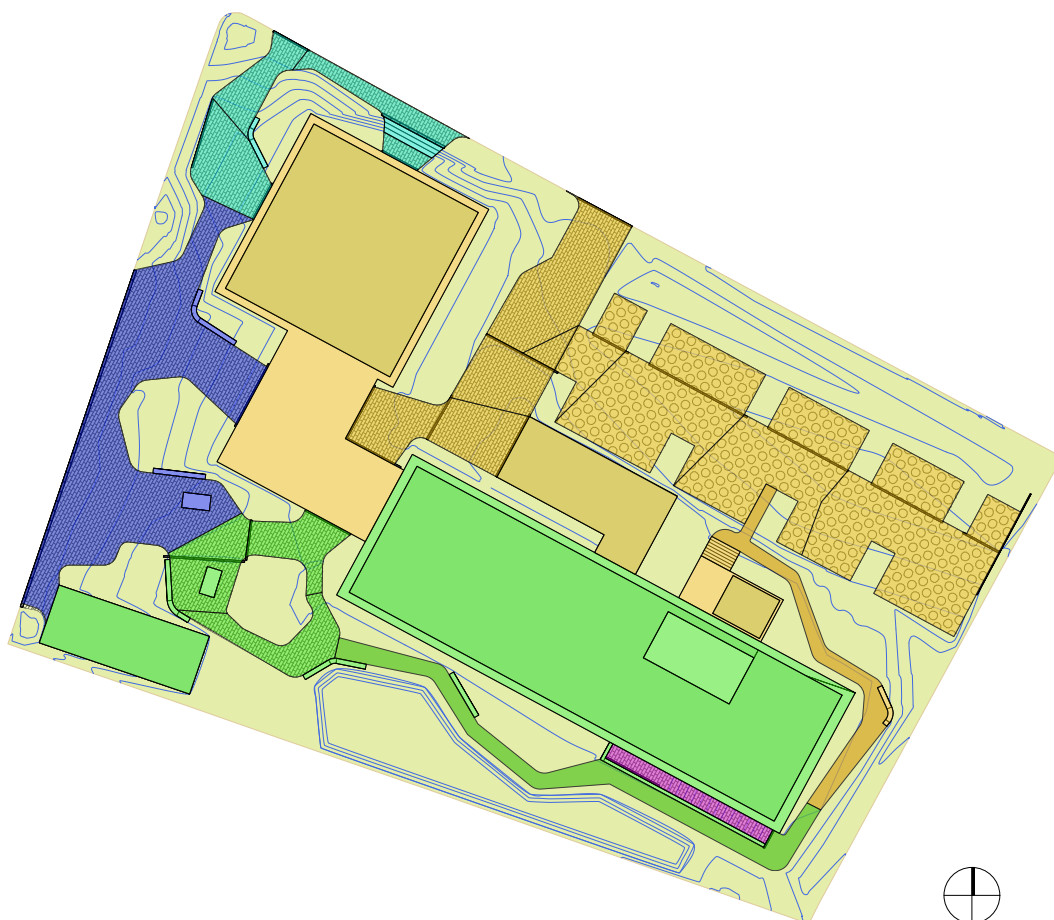
L [m]
18,6
19,8
21,4
22,9
23,7
24,6
24,9
23,8
22,1

Ergebnisse:

maßgebende Dauer des Bemessungsregens	D	min	1440
maßgebende Regenspende	$r_{D(n)}$	l/(s*ha)	7,1
erforderliche Rigolenlänge	L	m	24,9
erforderliches Aushubvolumen Rigole	$V_{R,Aushub}$	m^3	114
versickerungswirksame Fläche	$A_{S, Rigole}$	m^2	179,3
maßgebender Wasserzufluss	Q_{zu}	l/s	40
vorhandene Wasseraustrittsleistung	$Q_{Austritt}$	l/s	

Anhang 3 Lageplan Einzugsräume

Anhang 3.1 Einzugsräume nach Einzugsgebiet



Einzugsräume nach Einzugsgebiet

- A – Rigole
- B – Mulde
- C – Rinne
- D – Rinne
- E – Rinne

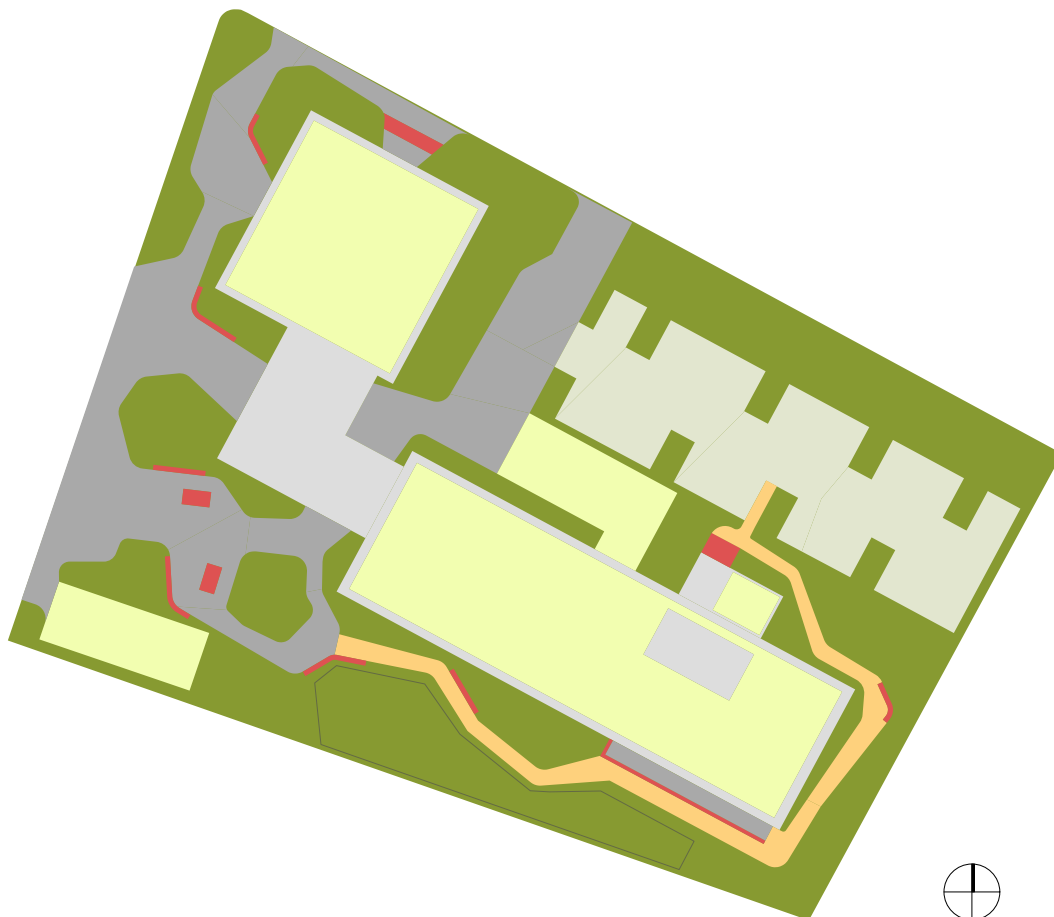
Fläche (AE)







1621,33 m²
 1124,70 m²
 137,78 m²
 339,47 m²
 28,18 m²

Fläche (ACs)

1020,55 m²
 744,17 m²
 125,08 m²
 306,57 m²
 25,36 m²

Anhang 3.2 Einzugsräume nach Flächenart



Einzugsräume nach Flächenart		Fläche (brutto)	Ψ_s
	Verkehrsflächen - Teildurchlässig: Betonsteinpflaster,	855,50 m ²	0,9
	Dachflächen - Flachdach bis 3° oder ca. 5 %: Abdichtungsbahnen	436,77 m ²	1,0
	Verkehrsflächen - Undurchlässig: Betonflächen	51,10 m ²	1,0
	Begrünte Dachflächen: Extensivbegrünung (< 10 cm Aufbaudicke)	1195,95 m ²	0,5
	Verkehrsflächen - Teildurchlässig: Rasengittersteine	549,95 m ²	0,4
	Verkehrsflächen - Teildurchlässig: Wassergebundene Flächen	162,19 m ²	0,9

Anhang 4.1 Protokoll des Meetings vom 17.01.2025

Datum: 17.01.2025

Ort: online

Autor: Nic Züchner (KI erzeugtes Protokoll unter Verwendung von *SpeechMind* (o. D.))

Teilnehmende: Nic Züchner, Prof. Dipl.-Ing. Irene Lohaus, Kirsten Müller, Dr.-Ing. Erik Ristenpart

1. Begrüßung und Fokus auf Überflutungsnachweis

- Zu Beginn des Treffens begrüßten sich die Teilnehmer und bedankten sich gegenseitig für die Zeit und Unterstützung. Es wurde erwähnt, dass der Fokus auf das Thema Überflutungsnachweis erst nach dem Aufsetzen der Arbeit entstanden ist, weshalb keine Zweitbetreuung in Anspruch genommen wurde.

2. Integration von BIM in die Planung und Durchführung von Überflutungsnachweisen

- Kirsten Müller äußerte, dass sie sich die Rechnungstabellen bereits angeschaut habe, jedoch noch einige Erläuterungen benötige. Nic Züchner bestätigte, dass er gerne weitere Einblicke geben würde. Es wurde festgestellt, dass das Thema der Arbeit die Integration in BIM (Building Information Modeling) betrifft.
- Nic Züchner erklärte, dass BIM ein digitales Modell darstellt, das Bauteile abbildet und mit Daten versehen wird, die weiterverarbeitet werden können. Er schlug vor, den Überflutungsnachweis direkt im BIM-Modell zu berechnen, indem relevante Daten wie Niederschlagsdaten und Flächengrößen hinterlegt werden. Dies würde die Notwendigkeit, auf andere Software zurückzugreifen, eliminieren.
- Prof. Dipl.-Ing. Irene Lohaus erwähnte, dass das Projekt, das Nic Züchner verwendet, ursprünglich ohne BIM von einem Planungsbüro in Dresden geplant wurde. Nic Züchner erklärte, dass er das Projekt in ein BIM-Modell übersetzt habe, um alle relevanten Objekte dreidimensional abzubilden.

- Dr.-Ing. Erik Ristenpart fragte nach der verwendeten Software, woraufhin Nic Züchner erklärte, dass er Vectorworks nutzt. Es wurde durch Dr.-Ing. Erik Ristenpart festgehalten, dass nach eigener Wahrnehmung Vectorworks das am weitesten verbreitete Werkzeug bei Freianlagen- und Landschaftsplanern ist.
- Nic Züchner erläuterte, dass er teilweise auf vorhandene Module in Vectorworks zurückgreifen konnte, jedoch für die Abbildung der Rigole alternative Tools verwenden musste. Er erklärte, dass die Rigole in Vectorworks als Straße definiert ist, was ihm ermöglicht, die Länge, Breite und Höhe des Quaders auszulesen und weiterzuverarbeiten.
- Nic Züchner zeigte, wie er die Einzugsräume bestimmt und diese an die Verzögerungsanlagen anschließt. Er erklärte, dass die Einzugsräume eingefärbt werden können und alle Daten in Tabellen zusammenfließen, die dann die abflusswirksame Fläche berechnen. Änderungen in den Einzugsräumen oder der Rigole werden automatisch in die Berechnung einbezogen.
- Dr.-Ing. Erik Ristenpart und Prof. Dipl.-Ing. Irene Lohaus diskutierten, ob das vorgestellte Werkzeug den regulären Überflutungsnachweis ersetzen oder als Hilfsmittel für die Planung dienen könnte. Es wurde festgestellt, dass das Werkzeug eine Echtzeitrückgabe für die Planung bietet.
- Dr.-Ing. Erik Ristenpart erklärte, dass die wasserwirtschaftliche Bemessung auf die Jährlichkeit gemäß DWA A 138 basiert, wobei ein fünfjähriges Ereignis gespeichert oder bearbeitet werden muss. Nic Züchner bestätigte, dass er von einem starken Risiko ausgegangen ist und die fünfjährige Jährlichkeit berücksichtigt hat.
- Es wurde festgestellt, dass die neue technische Regel DWA A 138 die alte ATV DVWK ersetzt hat. Kirsten Müller erklärte, dass die alten Formblätter teilweise noch verwendet werden, was zu unterschiedlichen Ergebnissen führen kann.
- Nic Züchner fragte nach dem praktischen Ablauf des Überflutungsnachweises. Kirsten Müller erklärte, dass für eine Baugenehmigung ein Entwässerungskonzept und ein Überflutungsnachweis erforderlich sind. Diese werden oft in Zusammenarbeit mit Landschaftsarchitekten erstellt.
- Es wurde festgestellt, dass Änderungen in der Planung eine erneute Kalkulation des Überflutungsnachweises erfordern. Kirsten Müller erklärte, dass der Überflutungsnachweis in verschiedenen Leistungsphasen erbracht werden kann, je nach Projektanforderungen.

- Es wurde diskutiert, dass das Volumen von Wasser schadlos zurückgehalten werden muss, jedoch nicht zwingend in Entwässerungselementen untergebracht werden muss. Es wurde erwähnt, dass das Wasser auch auf Parkplätzen, Straßen oder Grünflächen stehen kann. Dies wird normalerweise in der Leistungsphase 4 erbracht, jedoch kann dies je nach Projekt variieren und auch in den Phasen 2 bis 5 stattfinden.
- Es wurde festgestellt, dass bei Änderungen in der Planung, insbesondere bei befestigten Flächen, eine Neukalkulation erforderlich ist. Kleinere Änderungen können manchmal ignoriert werden, aber größere Änderungen erfordern eine Anpassung. Eine Automatisierung dieser Anpassungen im Modell wäre vorteilhaft.
- Es wurde betont, dass Unterauftragnehmer von Freianlagenplanern oft mit Änderungen in den Planungsgrundlagen konfrontiert sind. Es wurde vorgeschlagen, dass Angebote auf einem verbindlichen Planungsstand basieren sollten und Änderungen je nach Umfang zu Nachträgen führen können. Die Frage, wer das BIM-Modell in der Hand hat, wurde als wichtig erachtet, da dies die Verantwortlichkeiten zwischen Freianlagenplanern und Entwässerungsplanern beeinflusst.

3. BIM-Methodik und Zusammenarbeit in der Freianlagenplanung

- Es wurde zwischen einfachen und komplexen Bemessungsverfahren unterschieden. Einfache Systeme können von Freianlagenplanern selbst bemessen werden, während komplexe Systeme, die hydraulische und hydrologische Abhängigkeiten aufweisen, eine hydrologische Simulation erfordern. Diese komplexen Systeme können in der Regel nicht von Freianlagenplanern allein bewältigt werden.
- Der Trend geht zu Langzeitsimulationen, insbesondere bei großen Bauvorhaben, die BIM-Werkzeuge nutzen. Diese Simulationen sind notwendig, um hydraulische Abhängigkeiten und den Wasserhaushalt nachzuweisen. Dies erfordert das Know-how von Ingenieuren.
- Es wurde vorgeschlagen, dass die Zusammenarbeit in einem BIM-Modell idealerweise von Fachexperten durchgeführt wird. Das Aufsetzen und Füllen des Modells sollte von Fachleuten erfolgen, während die planerische Seite Varianten jongliert. Dies ermöglicht es, Auswirkungen von Varianten in Echtzeit zu sehen.
- Es wurde diskutiert, dass ein Open BIM-Ansatz, bei dem alle Fachmodelle zusammenarbeiten, vorteilhaft wäre. Dies würde es ermöglichen, dass Ingenieure den Überflutungsnachweis basierend auf den Fachmodellen der Freianlagenplaner durchführen können.

- Es wurde betont, dass eine klare und gut definierte Schnittstelle zwischen den Fachmodellen der Freianlagenplanung und den Ingenieuren essenziell ist, um die Genauigkeit und Effizienz der Planung zu verbessern. Die Freianlagenplaner sollten dabei die relevanten Flächen und Daten bereitstellen, die von den Ingenieuren direkt für die Bemessung genutzt werden können. Dadurch wird vermieden, dass verschiedene Akteure unterschiedliche Flächen oder Berechnungen heranziehen, was Fehlerquellen und Kommunikationsprobleme reduziert. Eine optimierte Schnittstelle könnte zudem detaillierte und konsistente Daten, wie z. B. topografische Informationen oder Überflutungsflächen, für weiterführende Simulationen und präzise Nachweise bereitstellen.
- Es wurde festgestellt, dass die konsequente Nutzung der BIM-Methodik derzeit noch nicht überall der Fall ist. Eine optimierte Zusammenarbeit könnte jedoch viel Arbeit sparen und zu einer verlässlicheren Planung führen.

4. Flexible Volumendimensionierung für Freianlagenplaner

- Es wurde diskutiert, dass das Volumen, das dimensioniert werden muss, flexibel gestaltet werden kann. Die Anordnung von Länge, Breite und Höhe kann dem Freianlagenplaner überlassen werden, solange das Volumen stimmt.

5. Integration von BIM zur Verbesserung der Zusammenarbeit und Effizienz in der Planung von Wasserabfluss und Flächenermittlung

- Es wurde vorgeschlagen, dass die Software, die entwickelt wird, möglicherweise in BIM integriert werden könnte. Dies würde es ermöglichen, den Überflutungsnachweis direkt im BIM-Modell zu hinterlegen.
- Es wurde betont, dass die Schnittstellen zwischen den verschiedenen Fachmodellen klar definiert sein müssen. Dies würde es ermöglichen, dass die Ingenieure die notwendigen Daten für die Bemessung erhalten und die Landschaftsarchitekten ihre Modelle entsprechend aktualisieren können.
- Es wurde erklärt, dass ein BIM-Modell aus mehreren Fachmodellen besteht, die in ein Koordinationsmodell zusammengeführt werden. Dies ermöglicht es, Fehler zu identifizieren und zu beheben, während jeder Fachbereich in seinem eigenen Modell arbeitet. Eine klare Definition der benötigten Daten und eine Automatisierung der Schnittstellen könnten den Prozess effizienter gestalten.
- Es wurde diskutiert, wie die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Fachbereichen durch die Integration von Fachmodellen in ein

Koordinationsmodell verbessert werden kann. Dabei wurde betont, dass Ingenieure auf das Koordinationsmodell zugreifen können, um die benötigten Informationen zu erhalten und den Überflutungsnachweis zu erarbeiten. Durch die Automatisierung und Aktualisierung der Fachmodelle im Koordinationsmodell können Fehler minimiert und der Prozess effizienter gestaltet werden.

- Prof. Dipl.-Ing. Irene Lohaus und Kirsten Müller hoben hervor, dass die Reduzierung der Kommunikation und die klare Definition der Flächen zu weniger Fehlern führen. Nic Züchner ergänzte, dass durch die Automatisierung der Flächenermittlung und die Zuordnung von Attributen der Prozess vereinfacht wird. Kirsten Müller betonte, dass in vielen Fällen die Flächen manuell ermittelt werden müssen, was zu Unsicherheiten führt.
- Nic Züchner berichtete von seinen Erfahrungen als Werkstudent, wo oft Definitionsprobleme bei der Flächenermittlung auftreten. Er erklärte, dass in seinem aktuellen Projekt die Flächen händisch nachgezogen und in Textfeldern eingetragen wurden, obwohl die CAD-Programme diese Informationen automatisch auslesen könnten. Dies führt zu Fehlern, die durch Automatisierung vermieden werden könnten.
- Kirsten Müller erläuterte, dass die Einzugsgebiete definiert werden müssen, da ein Gebäudeplaner alles als Dachfläche definiert, während ein Entwässerungsplaner mehrere Einzugsgebiete auf dem Dach hat. Nic Züchner erklärte, dass er in seinem Modell Rinnen und Einzugsräume definiert hat, um den Wasserfluss zu steuern. Dr.-Ing. Erik Ristenpart betonte die Notwendigkeit eines wasserwirtschaftlichen Verständnisses bei Freiraumplanern.
- Nic Züchner und Dr.-Ing. Erik Ristenpart diskutierten die Vorteile von BIM, insbesondere die Möglichkeit, das Gelände zu modellieren und die Fließrichtung des Wassers zu bestimmen. Prof. Dipl.-Ing. Irene Lohaus wies darauf hin, dass Warnungen bei Problemen, wie Wasser, das auf Nachbargrundstücke fließt, hilfreich wären. Kirsten Müller betonte, dass das Gelände so modelliert werden muss, dass Wasser nicht auf andere Grundstücke fließt.
- Es wurde besprochen, dass bei der Planung von Anbauten und der Modellierung des Geländes darauf geachtet werden muss, dass Wasser nicht auf Nachbargrundstücke fließt. Kirsten Müller erklärte, dass in der Praxis oft keine Maßnahmen ergriffen werden, wenn das Gelände bereits so beschaffen ist. Nic Züchner fragte, ob er in seiner wissenschaftlichen Arbeit darauf eingehen muss, was Kirsten Müller bejahte.

- Prof. Dipl.-Ing. Irene Lohaus und Kirsten Müller diskutierten, wie das Gelände modelliert werden kann, um Wasserabfluss zu verhindern. Dr.-Ing. Erik Ristenpart erklärte, dass der Überflutungsnachweis das erforderliche Volumen auf dem Gelände berechnet. Nic Züchner erläuterte, dass er in seinem Modell ein Hochbohrer eingesetzt hat, um das Wasser zu stauen und das maximale Rückhaltevolumen zu erreichen.
- Es wurde besprochen, dass bei der Modellierung des Geländes darauf geachtet werden muss, dass das Wasser nicht zum Gebäude fließt. Kirsten Müller erklärte, dass in der Praxis oft keine Maßnahmen ergriffen werden, wenn das Gelände bereits so beschaffen ist. Nic Züchner fragte, ob er in seiner wissenschaftlichen Arbeit darauf eingehen muss, was Kirsten Müller bejahte.
- Es wurde besprochen, dass bei der Modellierung des Geländes darauf geachtet werden muss, dass das Wasser nicht zum Gebäude fließt. Kirsten Müller erklärte, dass in der Praxis

6. Wasserversickerung und Retentionsräume bei Parkplatzgestaltung

- Es wurde ein aktueller Wert von 5×10^{-6} besprochen, dessen Bedeutung für die Versickerung von Wasser unklar war. Es wurde festgestellt, dass dieser Wert nicht gut ist, aber das Wasser dennoch versickern wird. Es wurde die Frage aufgeworfen, ob die anliegenden Grünflächen des Parkplatzes mit einbezogen werden sollten, da der Parkplatz eine Neigung von 2,5% hat.
- Es wurde diskutiert, dass der Hügel stärker geneigt ist und bei starkem Regen alles darunter liegende beeinflusst. Es wurde festgestellt, dass es keine klaren Definitionen gibt, ab welcher Neigung bestimmte Maßnahmen ergriffen werden müssen. Es wurde betont, dass Vegetationsbesatz eine Rolle spielt, da Staudenflächen mehr Wasser zurückhalten als Rasenflächen.
- Es wurde das Problem angesprochen, dass Rasengittersteine auf schlechtem Boden zu Aufstauungen führen können, was die Tragschicht des Parkplatzes beeinträchtigen könnte. Es wurde empfohlen, eine größere Kiesschicht unter dem Parkplatz anzulegen, um einen Retentionsraum zu schaffen. Es wurde erwähnt, dass es keine Regelwerke gibt, die diese Problematik eindeutig regeln.
- Es wurde vorgeschlagen, Einzugsräume für die Grünflächen anzulegen und diese an die Regole anzuschließen. Es wurde jedoch entschieden, dies aus der aktuellen Arbeit auszuklammern und nur textlich zu erwähnen. Es wurde betont, dass dies ein wichtiges Thema ist, das in

Berechnungsprogrammen berücksichtigt werden sollte, um Risiken zu minimieren.

- Es wurde diskutiert, dass bei durchlässigen Pflasterflächen eine Warnung gegeben werden sollte, dass ein Retentionsraum unterhalb der Wasserfläche geschaffen werden muss. Es wurde betont, dass dies von den Bodenverhältnissen abhängt und eine Einzelfallbetrachtung erfordert.

7. Berücksichtigung unbefestigter Flächen bei Einlassbeschränkungen und Rückhalteräumen

- Es wurde festgestellt, dass bei Einlassbeschränkungen die unbefestigten Flächen berücksichtigt werden müssen. Es wurde entschieden, dies in der Diskussion zu erwähnen, aber nicht in die aktuellen Berechnungen einzubeziehen.
- Es wurde betont, dass bei der Bemessung von Rückhalteräumen alle angeschlossenen Flächen berücksichtigt werden müssen. Es wurde festgestellt, dass es Diskrepanzen zwischen den DIN- und DWA-Vorgaben gibt, was zu unterschiedlichen Anforderungen führt.
- Es wurde besprochen, dass bei schlechten Bodenverhältnissen und Gefälle auch unbefestigte Flächen berücksichtigt werden sollten. Es wurde festgestellt, dass es keinen fest definierten Wert gibt, der dies regelt.

8. Kriterien und Anforderungen für das einfache Verfahren in der Versicherungsleistung

- Es wurde eine Frage zu den Kriterien des einfachen Verfahrens gestellt, insbesondere zur Versicherungsleistung aller angeschlossenen Flächen. Es wurde festgestellt, dass bei einer Versicherungsleistung unter 2 Litern pro Sekunde das einfache Verfahren nicht angewendet werden darf.
- Es wurde besprochen, dass die Versicherungsleistung mit dem Infiltrationswert und der versicherungswirksamen Fläche berechnet wird. Es wurde festgestellt, dass die Berechnungen möglicherweise korrigiert werden müssen, um die richtigen Einheiten zu verwenden.
- Es wurde betont, dass die Dimensionierung der Versicherungsanlagen mit dem mittleren Abflussbeiwert und der Überflutungsnachweis mit dem Spitzenabflussbeiwert durchgeführt werden sollte. Es wurde vereinbart, die aktualisierten Berechnungen zur Überprüfung zu senden.

- Es wurde besprochen, dass die Darstellung des Überflutungsgebiets ein Volumen vorgibt und das Programm die entsprechende Fläche bestimmt. Es wurde vorgeschlagen, dass Softwarehersteller spezifische Tools entwickeln sollten, um diese Anforderungen zu erfüllen.
- Es wurde betont, dass die Ausgabe eines Polygons mit der tatsächlichen Überflutungsfläche sinnvoll wäre, um Aussagen zur späteren Geländenutzung zu treffen. Es wurde festgestellt, dass das Volumen immer zur Verfügung stehen muss, um Überflutungen zu vermeiden.
- In der Sitzung wurde die Modellierung von Flächen und die Nutzung von offiziellen Straßenelementen des Softwareherstellers besprochen. Es wurde vorgeschlagen, ein intelligentes Tool zu entwickeln, das die Anforderungen an Regolen erfüllt. Eine Tabelle mit Anforderungsprofilen und geeigneten Tools wurde bereits erstellt.
- Die Ausgabe eines Polygons mit der tatsächlichen Überflutungsfläche wurde als sinnvoll erachtet, da dies wichtige Informationen für die spätere Geländenutzung liefert. Es wurde betont, dass das Volumen immer zur Verfügung stehen muss, um langfristige Änderungen zu berücksichtigen.
- Die Bedeutung der Modellierung für das Facility Management und die spätere Nutzung wurde hervorgehoben. Es wurde diskutiert, dass Änderungen an der Modellierung mit Aufwand verbunden sind und die Softwarehersteller diese Prozesse vereinfachen sollten.
- Es wurde festgestellt, dass die Definition der Lage von Mulden und Rigolen im BIM-Modell wichtig ist und geklärt werden muss, wer dafür zuständig ist. Eine darauf aufbauende Arbeit könnte diese Fragen detaillierter behandeln.

9. Nützlichkeit von Tools in Softwareeinrichtungen

- Die Nützlichkeit von Tools in Softwareeinrichtungen wurde betont, da sie es ermöglichen, schneller Varianten zu testen, insbesondere in den Anfangsphasen der Planung. Dies macht den Prozess praktikabler und effizienter.

10. Überflutungsnachweise und deren Integration in den Designprozess

- Es wurde diskutiert, wie Änderungen an der Parkplatzfläche die Überflutungsfläche beeinflussen könnten. Die Möglichkeit, solche Änderungen einfach zu visualisieren, wurde als vorteilhaft angesehen, da sie die Präsentation und das Verständnis erleichtert.

- Die Bedeutung der Integration von Überflutungsnachweisen in den Designprozess wurde hervorgehoben. Es wurde betont, dass es für Planer nützlich wäre, direkt zu wissen, wie ihr Design das Rückhaltevolumen beeinflusst, um spätere Anpassungen zu vermeiden.
- Die Berücksichtigung von Fassadenflächen bei der Überflutungsberechnung wurde diskutiert. Es wurde festgestellt, dass Fassaden in der Regel nicht berücksichtigt werden, es aber Potenzial gibt, dies in zukünftigen Regelwerken zu ändern.
- Die aktuelle Praxis der Überflutungsnachweise wurde erläutert. Diese werden nach DWA-A 138 oder DIN 1986-100 geführt, je nachdem, ob das Wasser eingeleitet oder vor Ort versickert wird. Zu Beginn wird für jedes Entwässerungselement (z. B. Mulde oder Rigole) ein grobes Überflutungsvolumen ermittelt. Bei planarischen Flächen erfolgt zusätzlich eine grobe Schätzung der Überflutungsfläche. Diese erste Annahme dient als Planungsgrundlage.
- Ein detaillierter Nachweis des Überflutungsvolumens kann in späteren Planungsphasen, meist durch Überflutungskarten erfolgen. Derzeit wird jedoch oft nur das Volumen als Nachweis benötigt. Künftige Anforderungen könnten jedoch eine präzisere Ausweisung, beispielsweise durch Überflutungskarten, verlangen.

11. Interviews mit Fachexperten in wissenschaftlichen Arbeiten

- Es wurde besprochen, dass Interviews mit Fachexperten ein probates Mittel für wissenschaftliche Arbeiten sind, insbesondere wenn belastbare Literaturquellen fehlen. Die korrekte Zitation solcher Interviews wurde als wichtig erachtet.

13. Dachflächen und Dachbegrünungen in der Überflutungsberechnung

- Die Berücksichtigung von Dachflächen und Dachbegrünungen in der Überflutungsberechnung wurde diskutiert. Es wurde klargestellt, dass extensive und intensive Dachbegrünungen berücksichtigt werden können, solange keine zusätzlichen Retentionselemente mit Drossel vorgesehen sind.

14. Projektfortschritt und Ergebnisdurchsicht

- Zum Abschluss der Sitzung wurde der Wunsch geäußert, über den Fortschritt des Projekts auf dem Laufenden gehalten zu werden. Es wurde vereinbart, dass die Arbeit nach Fertigstellung zur Durchsicht und zum Austausch über die Ergebnisse zur Verfügung gestellt wird.

Anhang 4.2 Prüfung der Berechnungen durch ifs

AW: Tabellen und Zitat zur Prüfung - Züchner, Nic

05.02.25, 15:08

AW: Tabellen und Zitat zur Prüfung

mueller@ifs-hannover.de

Do 30.01.2025 17:23

An: Züchner, Nic <nic.zuechner@mailbox.tu-dresden.de>;

Cc: Erik Ristenpart <Ristenpart@ifs-hannover.de>;

Hallo Herr Züchner,

ich habe die Berechnungen soweit geprüft und meines Erachtens stimmen diese soweit.

Noch ein zwei Anmerkungen:

Berechnungen Rigole:

- Spalte E Zeile 44-46 → Falsche Einheit, nicht m^2 sondern –
- Spalte B Zeile 55-57 → Hier wurde nicht der Speicherkoeffizient berücksichtigt. Max. mögl. Rückhaltevolumen = Speichervolumen V_s

In der Theorie ist die Berücksichtigung der Rinnen zwar richtig, wird in der Praxis allerdings nicht berücksichtigt.

Das sind ja nur Ableitungselemente und keine Rückhalteelemente. Aber wie gesagt, das ist nicht falsch. Können Sie schon mit ansetzen

Bei Rückfragen können Sie mich gerne kontaktieren.

Freundliche Grüße
Kirsten Müller

ifs Ingenieurgesellschaft für Stadthydrologie mbH
D-30159 Hannover, Stiftstr. 12
Tel.: +49/(0)511-70139 - 31, Fax.: -99
Email: mueller@ifs-hannover.de
Internet: www.ifs-hannover.de

Amtsgericht Hannover HRB 53148
Geschäftsführende Gesellschafter: Dr.-Ing. Dieter Grotehusmann,
Dr.-Ing. Erik Ristenpart, Dipl.-Math. Lutz Schiedt