

Entwicklung Wohnungsbau

Erläuterung zum Entwässerungskonzept

Bauvorhaben: Flensburg, Bebauungsplan Nr. 278 „Südlich der Friedenskirche“
 Hier: Entwässerungskonzept
 Projekt-Nr.: 0822

1. Bauvorhaben:

Die Stadt Flensburg plant die Aufstellung des Bebauungsplanes Nr. 278 südlich der Friedenskirche. Auf der rund 8,5 ha großen Fläche zwischen „An der Friedenskirche“ und „An der Schlesweg“ ist die Erschließung des Wohnquartiers „Südlich der Friedenskirche“ geplant.
 Die GRZ der Grundstücksflächen ist mit 0,4 im Bebauungsplan festgesetzt. Verkehrlich ist die Erschließung von der Straße „An der Friedenskirche“ geplant.
 Nach derzeitigem Planungsstand ist die Schaffung von ca. 400 Wohneinheiten, eines Verbrauchermarktes sowie 2 Quartiersgaragen geplant.
 Weitere Details können dem Bebauungsplan entnommen werden.



Abbildung 1: Städtebaulicher Entwurf, Quelle: H&N Stadtplanung

2. Baugrund- und Wasserverhältnisse:

Das Plangebiet wurde durch das Büro Boden und Lipka zwischen dem 23.01.2024 und dem 31.01.2024 mittels 25 Kleinbohrungen erkundet.

Die Erkundungstiefe lag dabei zwischen 5 und 8 Metern. Die Bohrungen KB07 und KB020 wurden aufgrund von Hindernissen vorzeitig abgebrochen.

Unter dem Oberboden bzw. der Oberbodenauffüllung wurde bereichsweise Flugdecksand erbohrt.

Unterhalb der Auffüllung bzw. Flugsandschicht folgen Schmelzwassersande bzw. Kiese.

Im gesamten Untersuchungsbereich stellen Sande und Kiese die Hauptbodenart dar.

Der Grundwasserstand wurde von 0,19 m bis 5,32 m unter GOK erbohrt, der Bemessungswasserstand liegt bei 0 bis 3,5 m unter GOK. Eine Versickerung von Niederschlagswasser ist in weiten Bereichen möglich.

3. Niederschlagswasserbeseitigung:

Das im Plangebiet anfallende Niederschlagswasser wird über straßenbegleitende Transportmulden in eine zentrale Versickerungsmulde an der südöstlichen Grundstücksgrenze geleitet und dort versickert.

Für das Grundstück des Nahversorgers ist aus erschließungstechnischen Gründen eine separate Versickerungsmulde vorgesehen, um eine autarke Entwässerung dieser Teilfläche zu gewährleisten.

Um den Oberflächenabfluss auf den Verkehrsflächen maßgeblich zu reduzieren, kommt das System „Berding Klimastein“ zur Ausführung:

- **Wirkungsweise:** Durch die hohe Speicherfähigkeit des Materials wird ein Oberflächenabfluss bis zu einem 10-jährigen Regenereignis ($T=10$) vollständig vermieden.
- **Wasserhaushalt:** Das im Stein zwischengespeicherte Niederschlagswasser wird zeitversetzt versickert und trägt durch Verdunstung zur Verbesserung des Mikroklimas bei.
- **Nachweise:** Die spezifischen Parameter und die Leistungsfähigkeit des Systems wurden durch die Firma Berding belegt und dokumentiert.

Die Anwendung wurde im Vorfeld mit der Unteren Wasserbehörde der Stadt Flensburg (Herr Cronen) sowie der Entwässerungsabteilung des TBZ Flensburg (Herr Bischoff) abgestimmt.

Transportmulden

Die Ableitung des Niederschlagswassers erfolgt über straßenbegleitende Transportmulden. Diese sind integraler Bestandteil des öffentlichen Entwässerungssystems und ersetzen konventionelle Regenwasserkanäle.

Die Einleitung von den privaten Grundstücken in die Transportmulden erfolgt oberflächlich. Da auf klassische Regenwasser-Hauskontrollschächte verzichtet wird, definiert der Schnittpunkt zwischen Grundstück und Mulde die offizielle Einleitstelle.

Erforderliche Querungen im Straßenverlauf werden mittels Betonrinnenkörper inklusive entsprechender Abdeckungen realisiert.

Versickerungsmulde

Die Versickerungsmulde besteht aus zwei miteinander kommunizierenden Teilen im südlichen Bereich, sowie einer Weiteren im Bereich des geplanten Nahversorgers bzw. der zweiten Quartiersgarage. Die Böschungsneigungen werden flach mit einer Neigung von 1:3 bis 1:7 ausgeführt. Der Bemessungseinstau beträgt ca. 20 cm.

Zur Unterhaltung wird der Bewuchs der Versickerungsmulde jährlich gemäht und das Mähgut entfernt. Die Entwässerung des Plangebietes erfolgt dezentral über Versickerungsmulden. Zur Gewährleistung einer dauerhaften Funktionsfähigkeit sowie zur Durchführung regelmäßiger Pflege- und Wartungsarbeiten wird entlang der Muldenanlagen ein Unterhaltungsweg angeordnet. Dieser stellt sicher, dass die Anlagen für Wartungsfahrzeuge und Personal jederzeit zugänglich sind.

Die hydraulische Dimensionierung und Vorbemessung der Versickerungsmulden wurden auf Grundlage des Arbeitsblattes **DWA-A 138** durchgeführt. Als Berechnungsgrundlage für die Niederschlagsbelastung dienten die aktuellen Starkregendaten des Deutschen Wetterdienstes (**KOSTRA-DWD 2020**). Der auf Basis dieser Parameter ermittelte Flächenbedarf wurde in die zeichnerische Darstellung des Lageplans übernommen und bei der Flächennutzung berücksichtigt.

Grundstück Nahversorger

Das Grundstück des geplanten Nahversorgers erhält eine eigene Versickerungsmulde an der südlichen Grundstücksgrenze. Die Dachflächen des Nahversorgers sind mit einer Gründachfläche vorgesehen, die Hof- und Wegeflächen werden mit Ökopflaster befestigt.

Schmutzwasserbeseitigung

Das Schmutzwasser wird innerhalb der Planstraßen verlaufende Freigefällekanäle gesammelt und an das Schmutzwasserkanalnetz der Stadt Flensburg angeschlossen.

Von dort erfolgt die Ableitung an zur Kläranlage Flensburg und die dortige Behandlung.

Die detaillierte Planung des Schmutzwasserkanalnetzes erfolgt im Zuge des Wasserrechtlichen Antrages.

4. Ermittlung der Wasserhaushaltsbilanz:

Die Bewertung der Wasserhaushaltsänderung durch die geplante Bebauung erfolgt auf Grundlage des Erlasses A-RW 1. Zur Quantifizierung der Veränderungen gegenüber dem potenziell natürlichen Zustand wurde das zertifizierte Berechnungstool der Hydro & meteo GmbH (Lübeck) herangezogen. Ziel der Planung ist es, die prozentualen Verschiebungen zwischen Versickerung, Verdunstung und Abfluss so gering wie möglich zu halten, um die natürliche Bilanz weitestgehend zu wahren.

In enger Abstimmung mit der Unteren Wasserbehörde der Stadt Flensburg sowie dem Technischen Betriebszentrum (TBZ) Flensburg wurde für die Befestigung der öffentlichen Verkehrsflächen eine fachspezifische Lösung gewählt: Zum Einsatz kommt der sogenannte „Klimastein“ der Firma Berding Beton.

Dieses System zeichnet sich durch eine besonders hohe Versickerungs- und Speicherleistung aus. Da Regenereignisse bis zu einer Wiederkehrzeit von 10 Jahren ($T=10$) vollständig im System gespeichert und zeitverzögert versickert bzw. verdunstet werden, wird für diese Flächen ein Abflussbeiwert von 0 angesetzt. Durch diese vollständige Bewirtschaftung vor Ort leistet der Stein einen signifikanten Beitrag zur Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt.

Für Niederschlagsereignisse, die über die 10-jährige Bemessung hinausgehen, wurde eine separate Gefahrenbeurteilung für Starkregen durchgeführt. Hierbei wird sichergestellt, dass die anfallenden

Wassermengen schadlos über die vorgesehenen Notwasserwege und Rückhalteflächen (z.B. die im Lageplan dargestellten Versickerungsmulden) abgeleitet werden können.

Unter Ansatz aller o.g. Randbedingungen wird der Wasserhaushalt des betrachteten Gebiets durch die Bebauung „deutlich geschädigt“ eingestuft (Fall 2). Im Fall 2 darf die Veränderung des Wasserhaushalts gegenüber dem natürlichen Zustand maximal 15 % betragen. Ausschlaggebend hierfür ist insbesondere die programminterne Vorgabe, wonach der Abflussanteil im natürlichen Zustand mit lediglich 3,4 % voreingestellt ist. Dieser Wert liegt deutlich unterhalb des landwirtschaftlichen Abflusses und ist im Zuge von Wohnbebauung nicht erreichbar.

5. Starkregenüberflutung:

Gemäß Starkregenkarte besteht im Plangebiet lediglich eine partielle Gefährdung durch den oberflächlichen Abfluss auf der Planfläche.

Durch die geplante Wasserführung durch Transportmulden erfolgt eine Modellierung des Geländes, sodass die Transportmulden als Notwasserwege bei Starkregenereignissen innerhalb des Plangebietes dienen. Die Notwasserwege leiten das Wasser zu den südlich der Bebauung gelegenen Versickerungsmulden, die für einen schadlosen kurzfristigen Einstau zur Verfügung stehen.

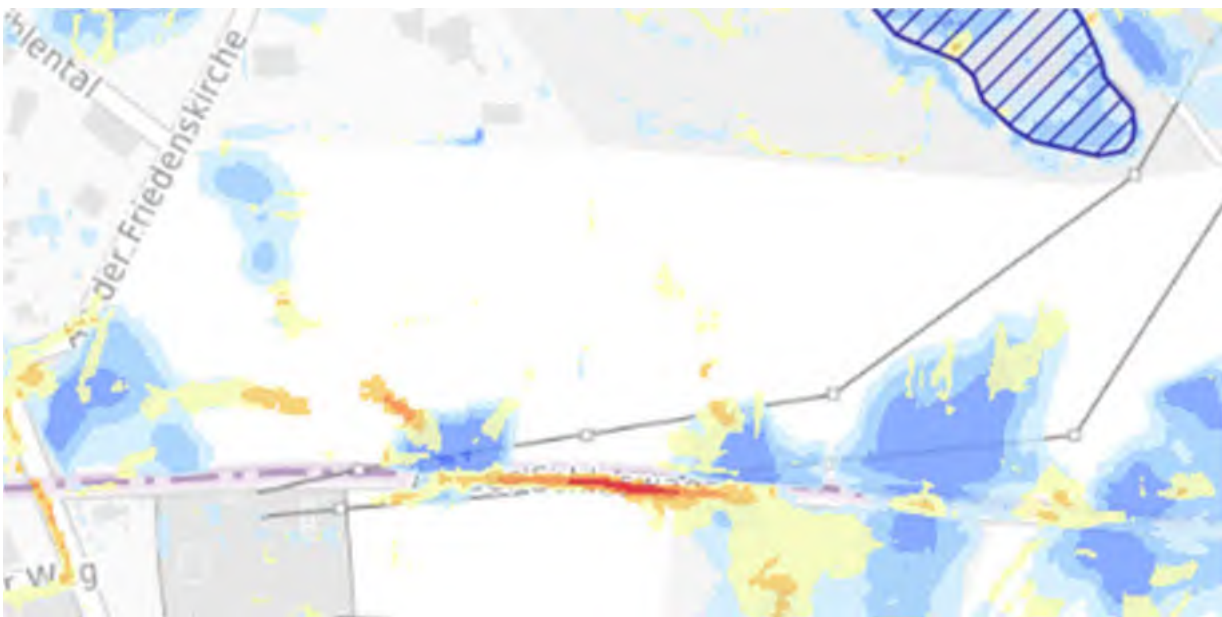


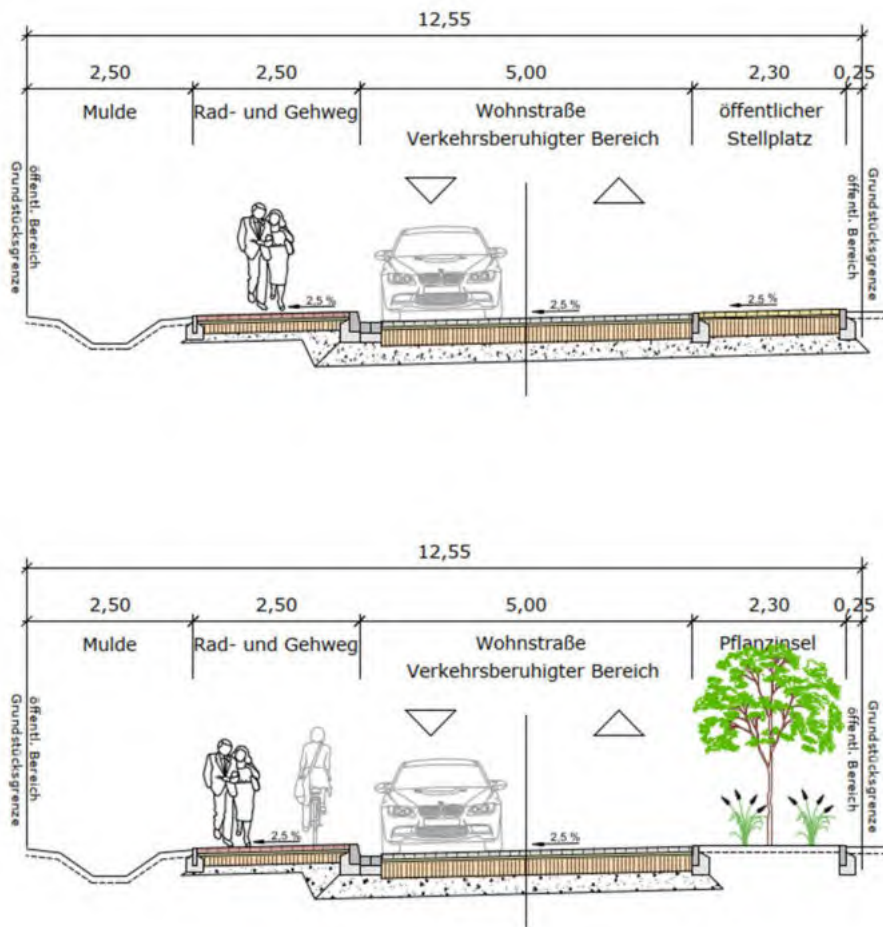
Abbildung 2: Ausschnitt Starkregenkarte, Geoportal.de 11.05.2026

6. Verkehrsflächen:

Die öffentlichen Verkehrsflächen werden in Pflasterbauweise mit dem Berding Klimastein auf einem Versickerungsfähigen Unterbau hergestellt. Die Ausbaubreiten der Verkehrsflächen erfolgen in vier unterschiedlichen Breiten, welche an die jeweiligen Nutzungen angepasst sind. Die Querschnitte gliedern sich dabei wie folgt:

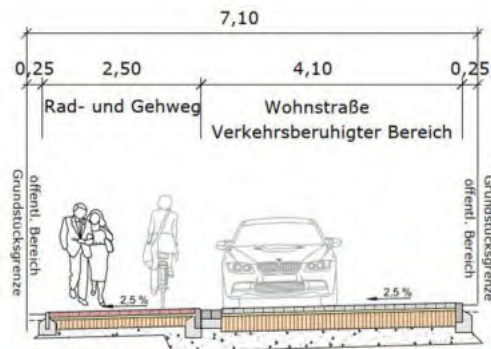
Schnitt A-A

Haupterschließungsachse von der Einmündung bis zur zweiten Quartiersgarage: Durch die Absetzung des Gehweges mit einem Hochbord wird in der stark frequentierten Hauptachse der Schutz der Fußgänger sichergestellt.



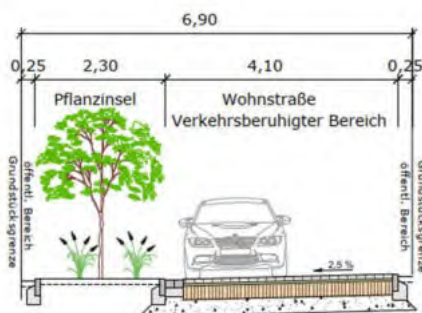
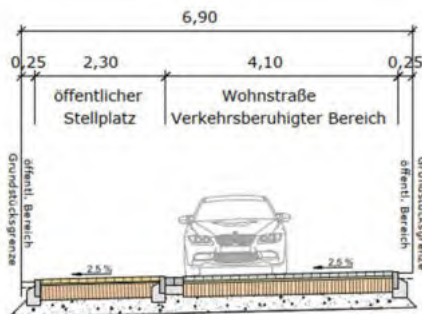
Schnitt C-C

Das Straßenprofil schließt an den Ausbauquerschnitt A-A in östlicher Richtung an und bildet den Übergang von Trenn- zum Mischflächensystem. Die Straßenbreite wird zu einer Wohnstraße reduziert, der Gehweg wird flächengleich abgesenkt und nur durch ein Rundbord entlang der Wasserführung und eine farbliche Pflastergestaltung von der Fahrfläche abgetrennt.



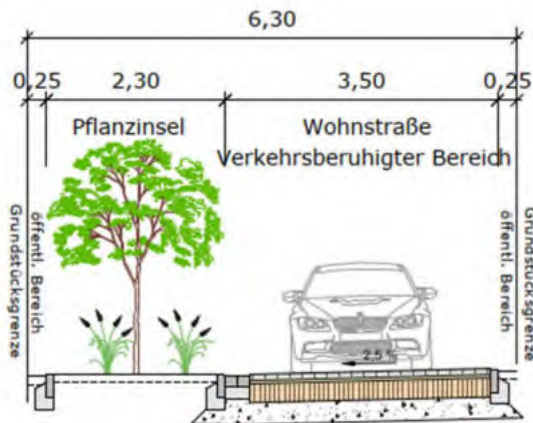
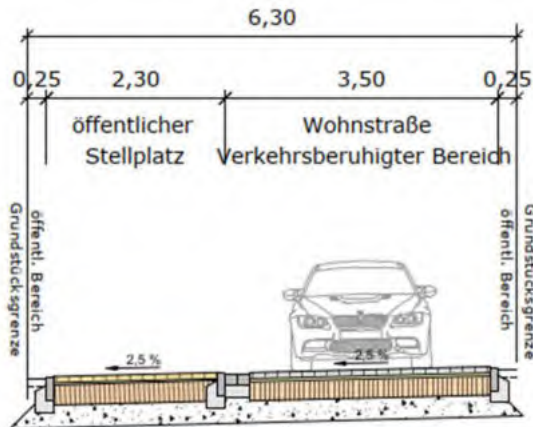
Schnitt B-B

Im Anschluss an das Ausbauprofil C-C schließt das Profil B-B an. Dieses liegt im verkehrsberuhigten Bereich um den Anger, die Verkehrsflächen werden im Mischsystem geplant, einen separaten Gehweg gibt es nicht.



Schnitt D-D

Der Schnitt D-D stellt das Ausbauprofil der außerhalb der HAUPTerschließungsachse liegenden Verkehrsflächen dar. Die Verkehrsflächen werden im Mischsystem geplant, ein separater Gehweg ist nicht vorgesehen.



Anlage 1

Entwässerungskonzept Lageplan Vorplanung



- LEGENDE
- Fahrbahn
 - Gehweg
 - Wanderweg
 - Unterhaltungsweg/ Wegerecht
 - Sickerfläch/Transportmulde

PROJEKT
AN DER FRIEDENSKIRCHE
ENTWÄSSERUNGSKONZEPT
PRJ. NR. 0822

PLANINHALT
LAGEPLAN

PLANVERFASSER
Holt & Nicolaisen GmbH & Co. KG
BALLASTKAI 1 · 24937 FLENSBURG
TELEFON 0461 5050010

UNTERSCHRIFT PLANER

PLANUNGSPHASE
VORPLANUNG

HINWEISE

MAßE SIND AM BAU ZU PRÜFEN!
STATIKPLÄNE BEACHTEN!

DATUM
11.05.2026

PLANER/ZEICHNER
SN/RW

BAUSTELLENADRESSE

BAUHERR

UNTERSCHRIFT BAUHERR

MAßSTAB
M 1:500

LIEGENSCHAFT
GEMEINDE:
GEMARKUNG:
FLURSTÜCK:
FLUR:

PLANNUMMER

Anlage 2

Ausgabeprotokoll des Berechnungsprogramms A-RW 1 zur Wasserhaushaltsbilanz

Berechnung der Wasserhaushaltsbilanz (Zusammenfassung)

Ausgabeprotokoll des Berechnungsprogrammes A-RW 1

Name Bebauungsplan: 278
Naturraum: Flensburg
Landkreis/Region: Flensburg (H-7)

Potentiell naturnaher Wasserhaushalt der Gesamtfläche des Bebauungsgebiets (Referenzfläche)

Gesamtfläche: 6,471

a_1 - g_1 - v_1 -Werte:

Abfluss (a_1)		Versickerung (g_1)		Verdunstung (v_1)	
[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]
3,40	0,220	39,60	2,563	57,00	3,688

Einführung eines neuen Flächentyps (Versiegelungsart) bzw. einer neuen Maßnahme für den abflussbildenden Anteil (sofern im A-RW 1 nicht enthalten)

Anzahl der neu eingeführten Flächentypen: 1

Name: Klimastein $a_2 = 0,01$ [%] $g_2 = 0,48$ [%] $v_2 = 0,51$ [%]

Anzahl der neu eingeführten: keine

Die im Berechnungsprogramm vorhandenen a_2 - g_2 - v_2 -Werte und a_3 - g_3 - v_3 -Werte wurden, mit Ausnahme der Werte für Straßen mit 80% Baumüberdeckung, per Langzeit-Kontinuums-Simulation ermittelt.

Die a - g - v -Werte für die neu angelegten Flächen und Maßnahmen müssen erläutert werden und sind mit der unteren Wasserbehörde abzustimmen.

Bildung von Teilgebieten

Anzahl der Teileinzugsgebiete: 2

Teilgebiet 1: Ostflaeche

Fläche: 3,328 ha

Teilfläche	[ha]	Maßnahme für den abflussbildenden Anteil
Flachdach	0,624	Mulden-/Beckenversickerung
Flachdach	0,144	Mulden-/Beckenversickerung
Klimastein	0,132	Mulden-/Beckenversickerung
Klimastein	0,228	Flächenversickerung
Klimastein	0,037	Flächenversickerung

	Abfluss (a)		Versickerung (g)		Verdunstung (v)	
	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]
Potentiell naturnaher Referenz- zustand (Vergleichsfläche)	3,40	0,1132	39,60	1,3179	57,00	1,8970
Summe veränderter Zustand	2,21	0,0735	46,63	1,5519	51,16	1,7025
Wasserhaushalt Zu-/Abnahme	-1,19	-0,0396	7,03	0,2340	-5,84	-0,1944

Der Wasserhaushalt des Teilgebietes Ostflaeche ist deutlich geschädigt (Fall 2).

Teilgebiet 2: Westflaeche

Fläche: 3,142 ha

Teilfläche	[ha]	Maßnahme für den abflussbildenden Anteil
Flachdach	0,837	Mulden-/Beckenversickerung
Flachdach	0,147	Mulden-/Beckenversickerung
Klimastein	0,594	Flächenversickerung
Klimastein	0,144	Flächenversickerung
Klimastein	0,275	Flächenversickerung
Klimastein	0,025	Flächenversickerung

	Abfluss (a)		Versickerung (g)		Verdunstung (v)	
	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]
Potentiell naturnaher Referenz- zustand (Vergleichsfläche)	3,40	0,1068	39,60	1,2442	57,00	1,7909
Summe veränderter Zustand	1,21	0,0381	50,71	1,5933	48,08	1,5106
Wasserhaushalt Zu-/Abnahme	-2,19	-0,0687	11,11	0,3491	-8,92	-0,2803

Der Wasserhaushalt des Teilgebietes Westflaeche ist deutlich geschädigt (Fall 2).

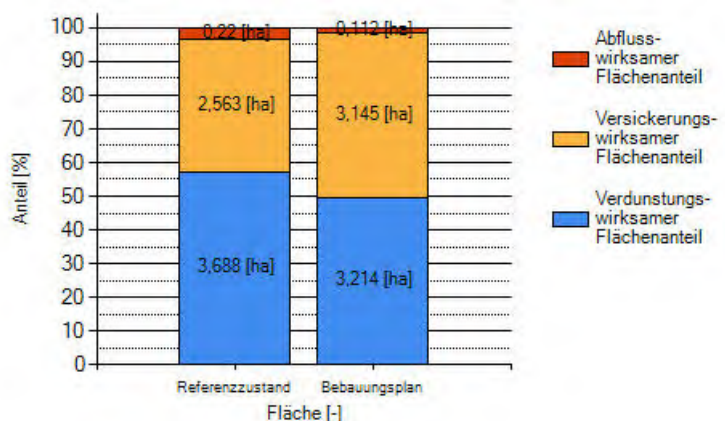
Bewertung des gesamten Bebauungsgebietes (Zusammenfassung aller Teilgebiete)

Gesamtfläche: 6,471 ha

	Abfluss (a)		Versickerung (g)		Verdunstung (v)	
	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]
Potentiell naturnaher Referenz- zustand (Vergleichsfläche)	3,40	0,220	39,60	2,560	57,00	3,690
Summe veränderter Zustand	1,73	0,110	48,60	3,150	49,67	3,210
Wasserhaushalt Zu-/Abnahme	1,67	0,110	-9,00	-0,580	7,33	0,470
Zulässige Veränderung						
Fall 1 < +/-5%	Ja		Nein		Nein	
Fall 2 ≥ +/-5% bis < +/-15%	Ja		Ja		Ja	
Fall 3 ≥ +/-15%	Nein		Nein		Nein	

Die Berechnungen gemäß den wasserrechtlichen Anforderungen zum Umgang mit Regenwasser in Schleswig-Holstein (A-RW 1) für das Bebauungsgebiet 278 ergeben einen deutlich geschädigten Wasserhaushalt. Dies gilt es zu vermeiden!

Das Bebauungsgebiet ist dem Fall 2 zuzuordnen.



Berechnung erstellt von:

Name des Unternehmens/Büros

Ort und Datum

Unterschrift

--	--

Anlage 3

Berding Klimastein Informationsmaterial

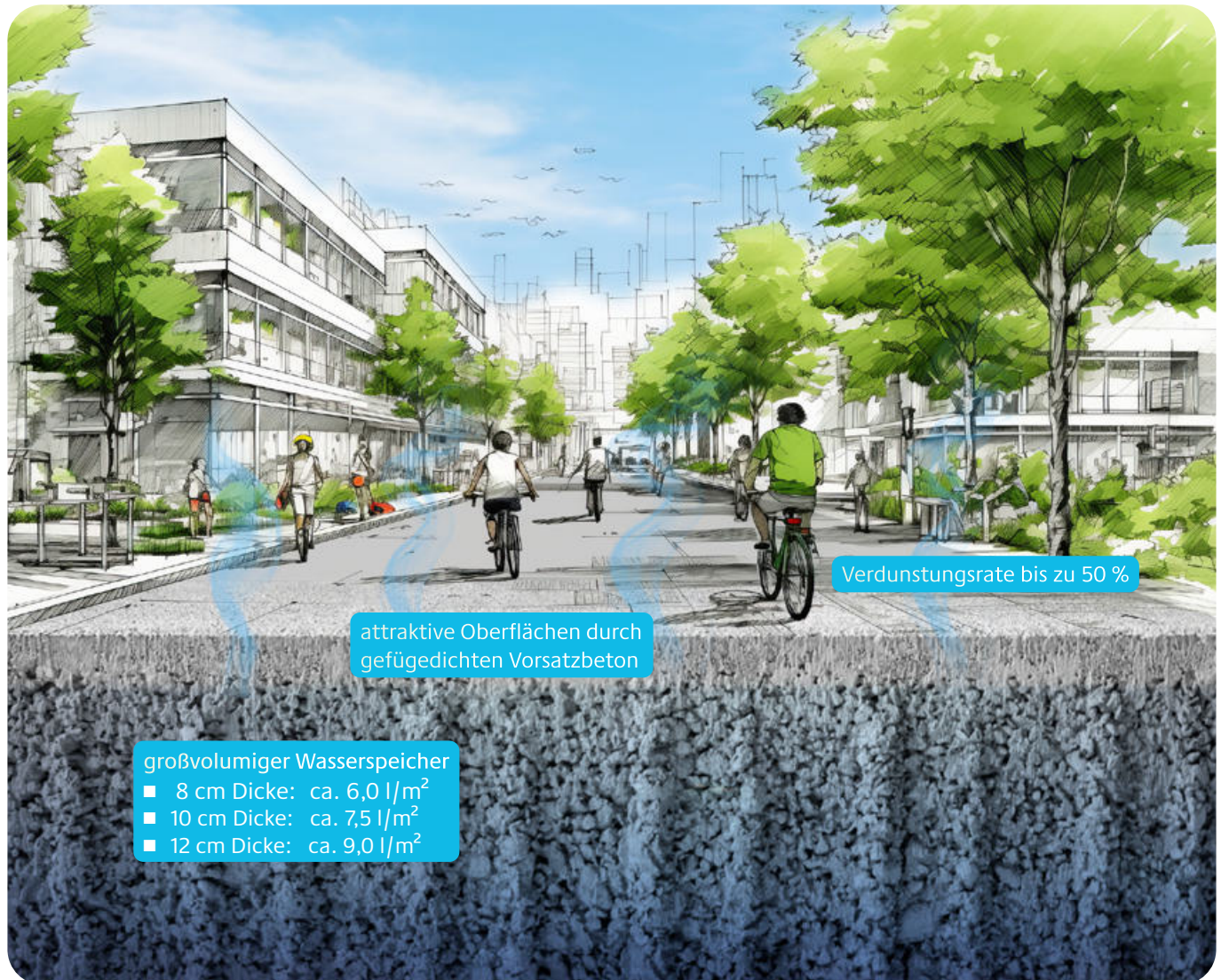
Der Klimastein



Städte im Wandel – Innovation als Wegbereiter

Der Klimastein

Modellierung der regionalen Verdunstungsleistung und Versickerung des BERDING BETON Klimasteins



Moderne Stadtplanung setzt auf die „Schwammstadt“, die Regenwasser speichert und verzögert abgibt. Ziel ist es, Überschwemmungen zu vermeiden und das Stadtklima zu verbessern:

1. Regenwasserbewirtschaftung

Grünflächen und wasserdurchlässige Materialien ermöglichen lokale Speicherung und Versickerung von Regenwasser – das entlastet die Kanalisation.

2. Kühlung und Klimaanpassung

Gespeichertes Wasser verdunstet und kühlt die Umgebung. BERDING BETON bietet Klimasteine, die Wasser speichern, versickern und verdunsten. Die Variante **beProtect** reinigt zusätzlich belastetes Regenwasser – ohne Einschränkungen bei der Gestaltung.

3. Der Klimastein

Je nach Dicke speichern die Steine bis zu 9 l/m² Regenwasser. Dieses gelangt über die Fuge in den Kernbeton und verdunstet später über die Oberfläche und Fuge. Gutachten bestätigen: Bei fachgerechter Verlegung entsteht kein Oberflächenabfluss (Abflussbeiwert 0,0 gemäß M VV).

Mit jedem Quadratmeter Gutes tun!



Weitere Infos finden Sie bei uns auf der Internetseite:



Wasserhaushalts-Bilanzierung

Natürlicher Wasserhaushalt als Maßstab für klimaresiliente Stadtentwicklung

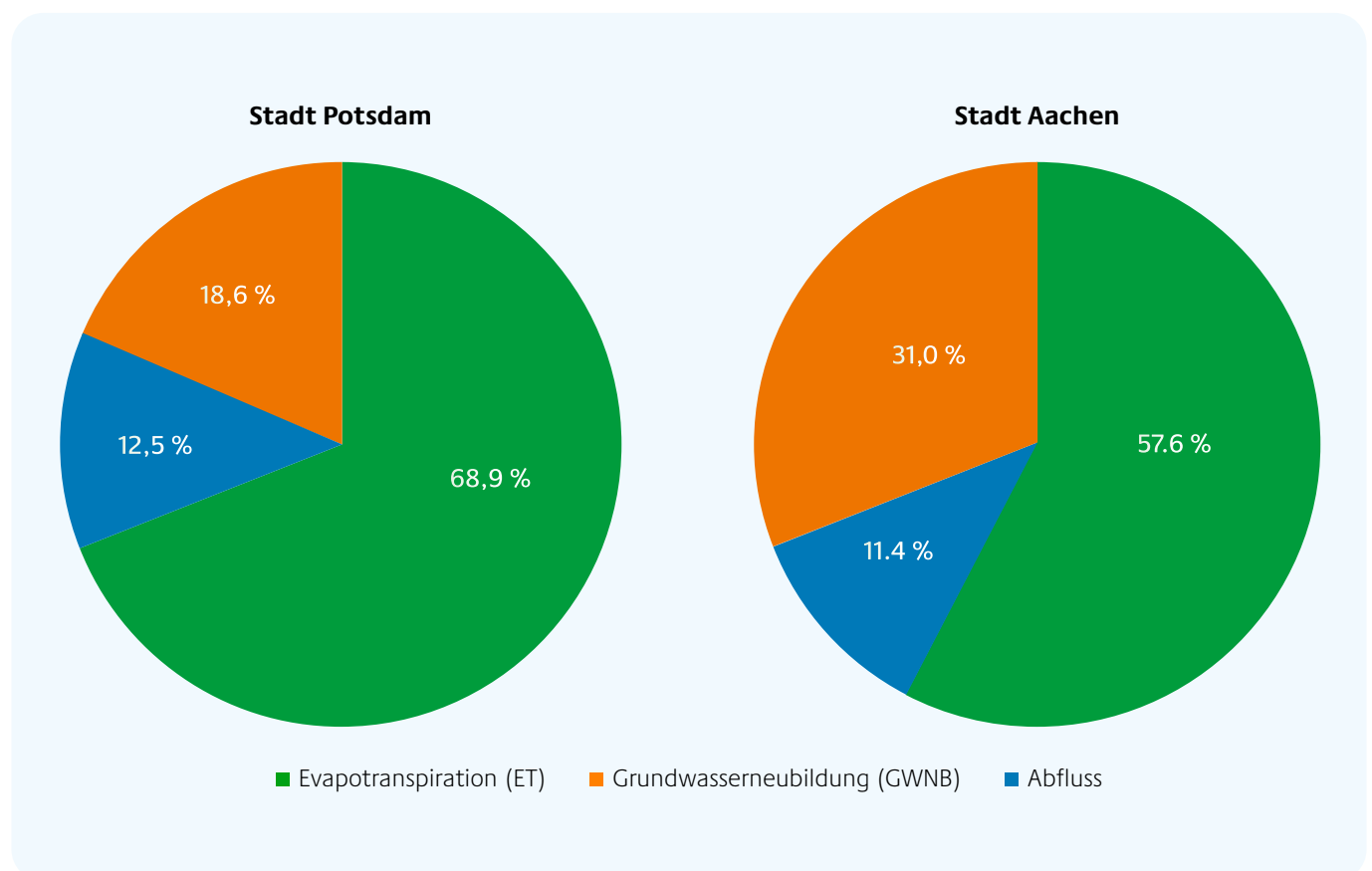
Städte sind höchst anfällig für die Folgen des Klimawandels und bedürfen deshalb aufeinander abgestimmter Klimaschutz- und Anpassungsstrategien. Von zentraler Bedeutung ist dabei der Umgang mit dem Regenwasser, der sich an dem natürlichen Wasserhaushalt orientieren sollte.

Als Referenzwert des Wasserhaushaltes für ein geplantes Siedlungsgebiet wird der Wasserhaushalt des gleichen Gebietes ohne urbane Nutzung herangezogen. Erst mit dem Wissen über den „natürlichen“ Zustand lassen sich geeignete Maßnahmen ableiten, um den Einflüssen der Bebauung nach dem

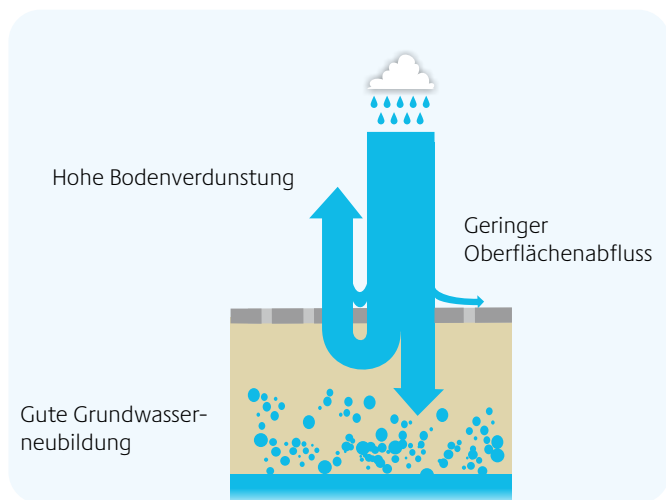
Prinzip Schwammstadt entgegenwirken zu können. Die naturnahe urbane Wasser-Bilanz (NatUrWB) kann sich, je nach Region, sehr unterschiedlich darstellen. Die Uni Freiburg hat dazu ein Modell entwickelt, welches für alle Flächen in Deutschland den jeweiligen naturnahen Wasserhaushalt simulieren kann.

Exemplarisch lässt sich an den Städten Aachen und Potsdam zeigen, welcher Anteil des Niederschlags verdunsten (grün), abfließen (blau) sowie dem Grundwasser (orange) zufließen müsste, damit dieses Gebiet einen naturnahen Wasserhaushalt aufweist.

NatUrWB Referenz



Quelle: www.naturwb.de



Wasserkreislauf mit dem BERDING BETON Klimastein-System



Triada® Klimastein | Mehrstein-System | Dicke: 8 cm | anthrazit



Basalit® Plus Klimastein | 21 x 14 cm | Dicke: 8 cm | lichtgelb



VIATO® Plus Klimastein | 20 x 10 cm | Dicke: 8 cm | naturgrau

Grundwasserneubildung/Versickerung

Die Grundwasserneubildung mit unseren versickerungsfähigen Klima- und Ökosteinen ist etablierte Praxis. Dabei gelingt es, eine 10-jährige Bemessungsregenspende mit einem Abflussbeiwert von 0,0 dauerhaft abzubilden. Das bedeutet, dass das Regenwasser vollständig versickert und kein Abfluss von der Fläche erfolgt. Dadurch werden nicht nur die kommunalen Entwässerungssysteme nachhaltig entlastet, sondern auch die natürlichen Wasserkreisläufe verbessert.

Für Bauvorhaben bieten wir produkt- und objektbezogene Versickerungsgutachten an, die eine fundierte Planung und Umsetzung ermöglichen. Diese Gutachten können unkompliziert über unsere erfahrenen Fachberater angefordert werden, die Ihnen gerne beratend zur Seite stehen.



Musterdeckblatt eines Versickerungsgutachtens

Produkt	Öffnungs- anteil	Rastermaß (mm)	Abflussbeiwerte nach DWA-A 118 für				
			Bemessung $r_{10;0,20}$	Bemessung $r_{10;0,10}$	Überflutung $r_{10;0,03}$	Überflutung $r_{10;0,02}$	Überflutung $r_{10;0,01}$
Betondecke	0 %	-	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0
Asphaltdecke	0 %	-	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0
Normalpflaster	0 %	-	0,7	0,9	0,9	1,0	1,0
VIATO® Plus	7 %	200/100	0	0	0,37	0,44	0,54

Quelle: Versickerungsnachweis BERDING BETON | VIATO® Plus Klimastein

Verdunstung/Versickerung

Aus den o.g. Beispielen der Städte Aachen und Potsdam ist ersichtlich, dass den wesentlichsten Anteil des natürlichen Wasserhaushaltes die Evapotranspiration, also die Verdunstung darstellt. Daher ist auch bei aktuell geforderten Planungen gem. DWA-A 102-4 die Verdunstung ein elementarer Planungsbestandteil.

BERDING BETON ist es in Zusammenarbeit mit der Fachhochschule Münster gelungen, eine Modellierung zur Wasserhaushaltsbilanzierung für unsere Klimasteine zu entwickeln.

Datenbasis lieferten eine experimentelle Messreihe aus einem Zeitraum 2016-2018 sowie der „WABILA-Ansatz“ (Wasserbilanz-Expert). Somit ist man erstmals in der Lage, anstelle von allgemeinen Pauschalangaben, einen ebenfalls regionalbezogen individuellen Nachweis über die Verdunstungsleistung zu erbringen.

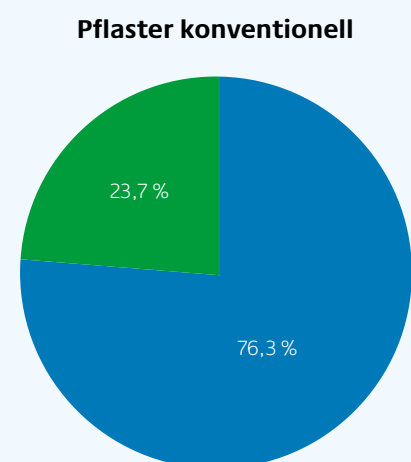
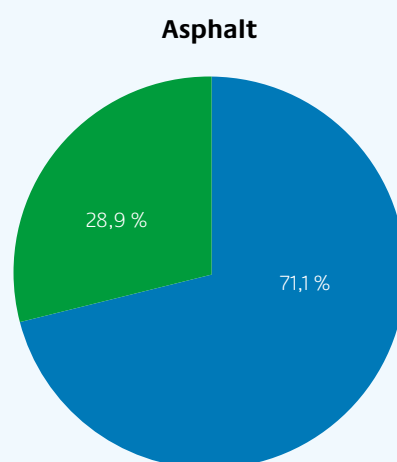
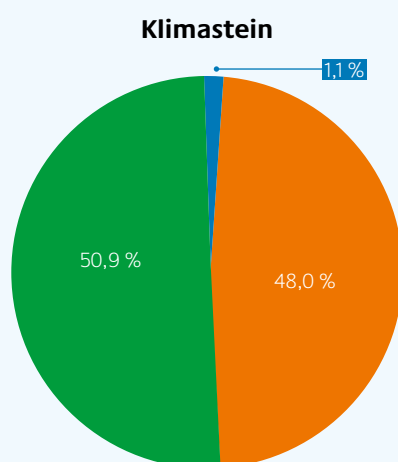
Um einen Bezug zur o.g. Referenz herzustellen, wurde im folgenden Beispiel wiederum die Region Potsdam ausgewählt.

EINGABEDATEN

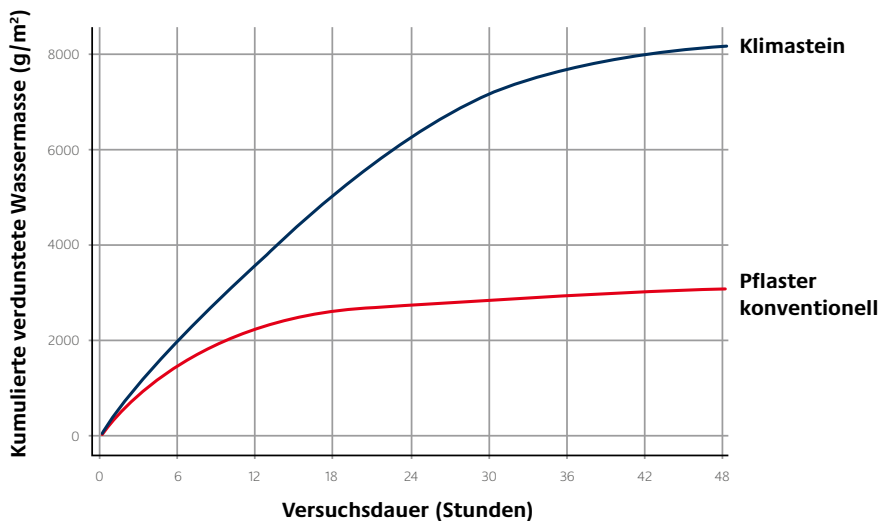
Region:	Potsdam	Zeitraum	Ganzjährlich
Jährlicher Niederschlag	$h_{N, \text{Jahr}}$	562,4	mm/a
Verdunstung des ausgewählten Zeitraums	$ET_{0, \text{Saison}}^*$	555,7	mm

ERGEBNISSE

		Klimastein	Asphalt	Pflaster konventionell
Abfluss	a (%)	1,1	71,1	76,3
Grundwasserneubildung	g (%)	48,0	0,0	0,0
Verdunstung	v (%)	50,9	28,9	23,7



■ v (%) Verdunstung (ET) ■ g (%) Grundwasserneubildung (GWN) ■ a (%) Abfluss



Der Klimastein erreicht in diesem Beispiel im Jahresmittel eine Verdunstungsleistung von ca. 50,9 %. Bezogen auf den Wert in Potsdam werden die Bemessungsdaten für die Verdunstung mit dem Klimastein erreicht. Durch den hohen Versickerungsanteil/Grundwasserneubildung von ca. 48 % werden die Anforderungen des natürlichen Wasserhaushaltes von 31 % sogar deutlich überschritten. Hinzuweisen ist auf die Vergleichswerte vom konventionellen Pflaster und Asphalt, wo ein hoher Wert an Abfluss und keine Grundwasserneubildung stattfindet. Ebenfalls gering ist der Anteil der Verdunstung.

Produkt- und objektbezogene Nachweise über die Verdunstungsleistung können ebenfalls über unsere Fachberater angefordert werden.

Summenlinie der gemittelten Verdunstungsrate je Pflastersteintyp bei der direkten Messung über 48 Stunden.

VORTEILE AUF EINEN BLICK

- hohe Verdunstungsleistung von ca. 50 % im Jahresmittel
- Regenwasserspeicherung bis zu 9 l/m² (abhängig von der Steindicke)
- Versickerung Abflussbeiwert 0,0 für den 10-jährigen Bemessungsregen
- Verdunstungsgutachten anwendbar für die DWA-A 102-4
- individuell regionale Versickerungsnachweise
- Normalpflasterstein nach DIN EN 1338
- viele Farb- und Formatvariationen möglich
- durch Ergänzung mit Fugensubstrat auch zur Regenwasserbehandlung einsetzbar (DIBt-Zulassung Z-84.1-35)
- Reduzierung der SRI-Werte möglich (INFRA REFLEX® – geringere Erwärmung der Steinoberfläche)
- auf Wunsch unter Verwendung von hochwertigem Recyclingbeton (ECOCHOICE® RC)
- auf Wunsch 100 % zementfreier Kernbeton (ECOCHOICE® ZK) CO_{2e}-Kompensation; CO₂-optimierte Fracht durch kurze Lieferentfernungen)

OBERBAUKONSTRUKTION

Der Oberbau, bestehend aus Frostschutzschicht, Tragschicht und Pflasterdecke, ist auch bei versickerungsfähigen Pflasterbefestigungen so auszulegen, dass er während der Nutzungsdauer einen ausreichende Tragfähigkeit und Frostsicherheit gewährt.

Weiter Informationen finden Sie bei uns im Internet unter **Zusätzliche Hinweise für ökologische Betonpflasterbauweisen**.



Darüber hinaus stellen wir Ihnen mit den **Easy-Standardleistungstexten (Easy-STLT)** ein leicht zu bedienendes Bemessungsprogramm zur Verfügung.

Dieses generiert Ihnen sowohl für Versickerungsflächen als auch für die Regenwasserbehandlungsanlage **beProtect** den kompletten Oberbau nebst umfassenden Ausschreibungsunterlagen unter Berücksichtigung aller Besonderheiten tangierender Regelwerke:



Produkte und Formate Klimastein

Weitere Formate auf Anfrage. Die hier abgebildeten Produkte und Formate sind auch in der Ausführung **beProtect** erhältlich.

Produkte Fugenanteil für alle Dicken im Mittel 5 %	Abmessungen		
	Länge mm	Breite mm	Dicke mm
Dicke 80 mm			
Forena Klimastein	Mehrstein-System		80
Mammut Öko Klimastein*	208	208	80
VIATO® Plus Klimastein (Verlegeeinheit)	200	100	80
VIATO® Plus Klimastein (Handverlegung)	200	100	80
VIATO® Plus Klimastein	300	150	80
VIATO® Plus Klimastein	300	200	80
VIATO® Plus Klimastein	400	200	80
Öko-H-Doppelverbund Klimastein*	200	165	80
Öko Winkelverbund Klimastein*	225	112,5	80
Vario Longline Klimastein	Mehrstein-System		80
Triada® Klimastein	Mehrstein-System		80
Dicke 100 mm			
Öko-H-Doppelverbund Klimastein*	200	165	100
Öko Winkelverbund Klimastein*	225	112,5	100
VIATO® Plus Klimastein (Verlegeeinheit)	200	100	100
VIATO® Plus Klimastein (Handverlegung)	200	100	100
VIATO® Plus Klimastein (Handverlegung)	200	150	100
VIATO® Plus Klimastein (Handverlegung)	200	200	100
VIATO® Plus Klimastein	300	150	100
VIATO® Plus Klimastein	300	200	100
VIATO® Plus Klimastein	400	200	100
Dicke 120 mm			
Ambiente Plus Klimastein	160	160	120
Ambiente Plus Klimastein	240	160	120
Ambiente Plus Klimastein	320	160	120
Modula Plus® Klimastein	200	200	120
Modula Plus® Klimastein	300	200	120
Modula Plus® Klimastein	300	150	120
Modula Plus® Klimastein	150	150	120
Dicke 140 mm			
Ambiente Plus Klimastein	240	160	140

* erforderlicher Öffnungsanteil durch Versickerungstasche



Forena Klimastein | Mehrstein-System | naturgrau



Basalit® Plus Klimastein | 21 x 14 cm | Dicke: 8 cm | lichtgelb

#beRegenwassermanagement-Übersicht



- 1 **Klimastein** – Pflasterbelag zur Verdunstung, Speicherung und Versickerung von Niederschlagswasser
- 2 **beProtect** – Pflasterbelag zur Verdunstung, Speicherung, Versickerung und Behandlung von Niederschlagswasser
- 3 **beDrain® groß** – Versickerungsblöcke zur dezentralen Versickerung von Regenwasser
- 4 **beDrain® klein** – Versickerungsblöcke zur dezentralen Versickerung von Regenwasser
- 5 **Stauraumkanäle** – Systemlösungen für eine naturnahe Regenwassernutzung
- 6 **beClean®** – Regenwasser-Reinigungsanlage zur Behandlung von Niederschlagswasser
- 7 **beCompact®** – Regenwasser-Behandlungsanlage zur Versickerung
- 8 **beSlide®** – Drosselschacht zur Begrenzung von Abflussmengen
- 9 **beSplit®** – Trennbauwerke zur Aufteilung von Regenwasserströmen



- 10 beDrop®** – Sedimentationsanlage zur Behandlung von Niederschlagswasser
- 11 bePlus®** – Filterschicht zur Behandlung von Niederschlagswasser
- 12 beStore®** – Universalbehälter zur Lösch- und Regenwasserbevorratung und Stauraum
- 13 Ausläufe** – optimale Anpassung an Böschungswinkel und Schutz der Anlagen
- 14 Verkalit®** – Deckwerkstein-System für den Deich- und Böschungsschutz
- 15 3A sigma-kompakt®** – Abscheideranlage für Fette
- 16 3A rhombic®** – Abscheideranlage für Leichtflüssigkeiten

QR-Code scannen & informieren

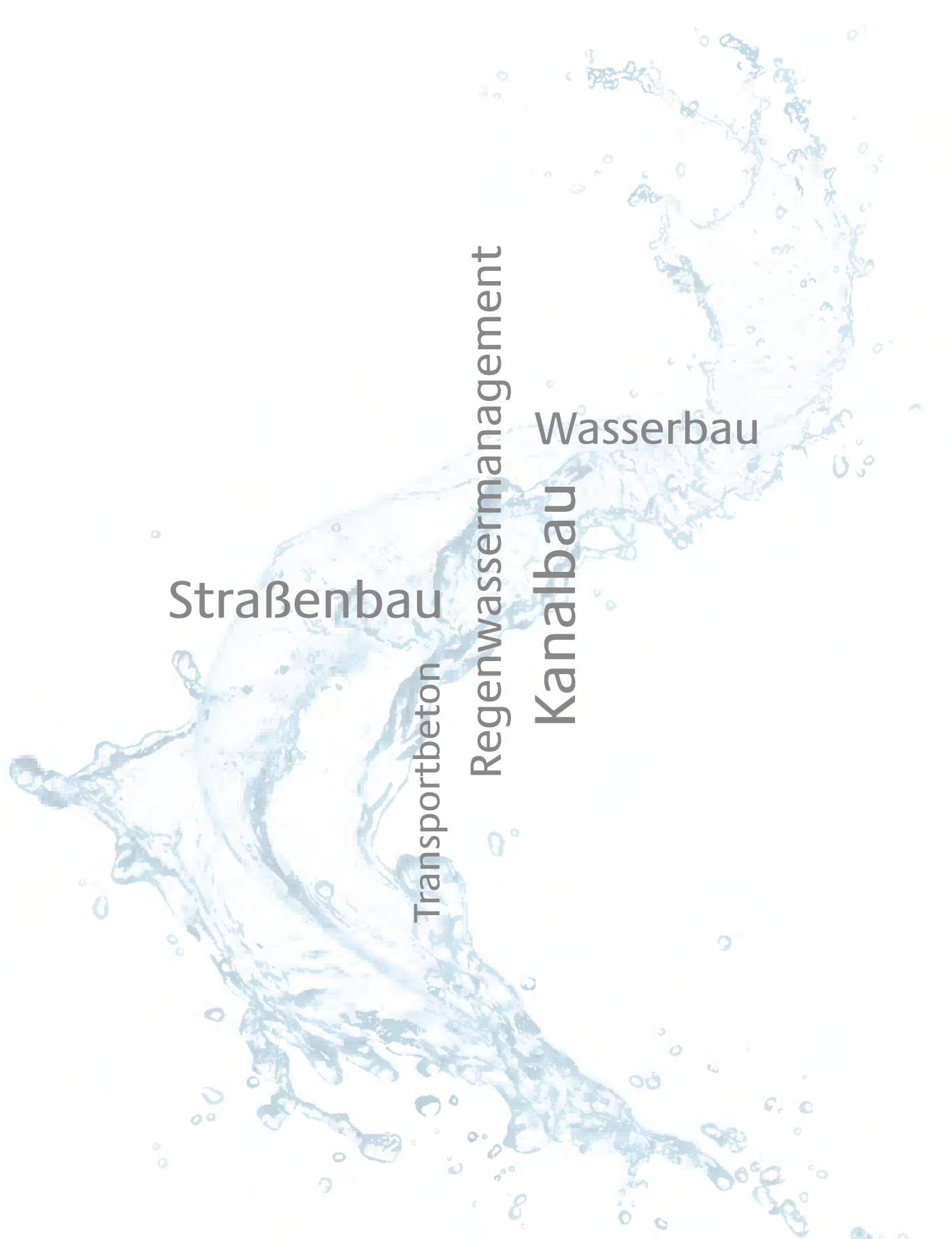
Alles rund ums Regenwasser-
management – jetzt entdecken!



Zur Website



Zum Produktkatalog

A large, dynamic splash of water in shades of blue and white, creating a sense of movement and freshness. The splash originates from the bottom left and spreads upwards and to the right, with many small droplets and bubbles visible.

Straßenbau

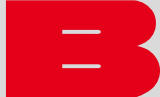
Transportbeton

Regenwassermanagement

Wasserbau

Kanalbau

BERDING BETON GmbH
Industriestraße 6 · 49439 Steinfeld · Tel: 05492 87-0
regenwasser@berdingbeton.de · www.berdingbeton.de

**BERDING
BETON** 



FH MÜNSTER
University of Applied Sciences



Entwicklung eines Modellansatzes zur vereinfachten Wasserhaushaltsbilanzierung des „Klimasteins“ der Fa. BERDING BETON GmbH

Zusammenfassung

Juni 2025

FH Münster

Institut für Infrastruktur·Wasser·Ressourcen·Umwelt (IWARU)

AG Wasserwirtschaft und Stadtentwässerung

Prof. Dr.-Ing. M. Henrichs, Birgitta Hörnschemeyer M.Sc.

Corrensstraße 25, 48149 Münster

1. Veranlassung

Die zunehmende Flächenversiegelung infolge urbaner Verdichtung sowie die klimatischen Veränderungen stellen städtische Infrastrukturen vor erhebliche Herausforderungen hinsichtlich thermischer Belastungen und hydrologischer Defizite. Die Entwicklung wasserdurchlässiger Beläge bietet ein hohes Potenzial, die Verdunstung zu fördern und somit die städtische Überwärmung zu mindern.

Im Rahmen des vorliegenden Teilprojekts wurde ein vereinfachter Modellansatz zur bilanziellen Erfassung des Wasserhaushalts eines innovativen Pflastersystems – des sogenannten „Klimasteins“ der BERDING BETON GmbH – entwickelt. Ziel war es, die Anteile

an Verdunstung, Grundwasserneubildung und Abfluss quantifizierbar zu machen und eine Übertragbarkeit auf verschiedene Standorte in Deutschland zu ermöglichen.

2. Datenbasis und methodischer Ansatz

Die Herleitung vereinfachter Wasserhaushaltsgleichungen zur langjährigen Wasserbilanz des Klimasteins erfolgte wie in Abbildung 2.1 dargestellt gemäß dem „WABILA-Ansatz“ (Henrichs et al. 2016). Die Grundlage der Untersuchung bildeten experimentelle Daten eines zweilagigen Pflastersystems (Typ „hp protect“) am Standort Coesfeld (Messzeitraum: 2016–2018) (Dierkes 2017; Welker und Dierkes 2017). Neben den täglichen Aufzeichnungen von Niederschlags- und Exfiltrationsmengen wurden klimatologische Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) einbezogen. Der Modellaufbau erfolgt mit dem LID-Modul des Stormwater Management Modells SWMM (Rossman und Simon 2022). Eine Sensitivitätsstudie ermittelte die für die anschließende Modellkalibrierung relevanten Modellparameter. Unter Nutzung des kalibrierten Modells wurden langjährige Simulationen für deutschlandweite Standorte durchgeführt und regressionsbasiert zusammengefasst.

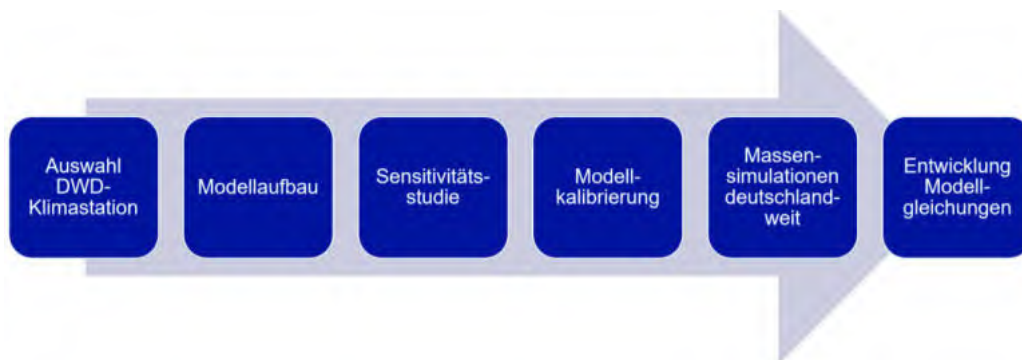


Abbildung 2.1: Vorgehensweise zur Herleitung der Wasserhaushaltsgleichungen

3. Modellaufbau und Kalibrierung

Im Anschluss an eine globale Sensitivitätsanalyse mittels Latin Hypercube Sampling (McKay et al. 1979) wurde eine zweistufige Modellkalibrierung durchgeführt. Zunächst erfolgte die Modellkalibrierung der Exfiltration automatisiert unter Anwendung des AMALGAM-Algorithmus (“a multialgorithm, genetically adaptive multiobjective“) (Vrugt und Robinson 2007). Die Modellgüte konnte für unterschiedliche Kalibrierzeiträume anhand der Nash-Sutcliffe-Effizienz sowie der Volumenabweichung als „mittel bis gut“ klassifiziert werden (DWA-M 165 2021). Über die betrachteten Zeiträume ergab sich eine plausible Reproduktion der hydrologischen Prozessdynamik mit lediglich geringen systematischen Abweichungen. Zur optimierten Abbildung der Abflussdynamik wurde im zweiten Schritt eine manuelle Justierung des Durchlässigkeitsbeiwertes durchgeführt (Abbildung 3.1). Dabei wurden insbesondere empirisch ermittelte Abflussbeiwerte für poröse Betonsteine nach Illgen (2009) bzw. Schmitt et al. (2007) als Referenz herangezogen.

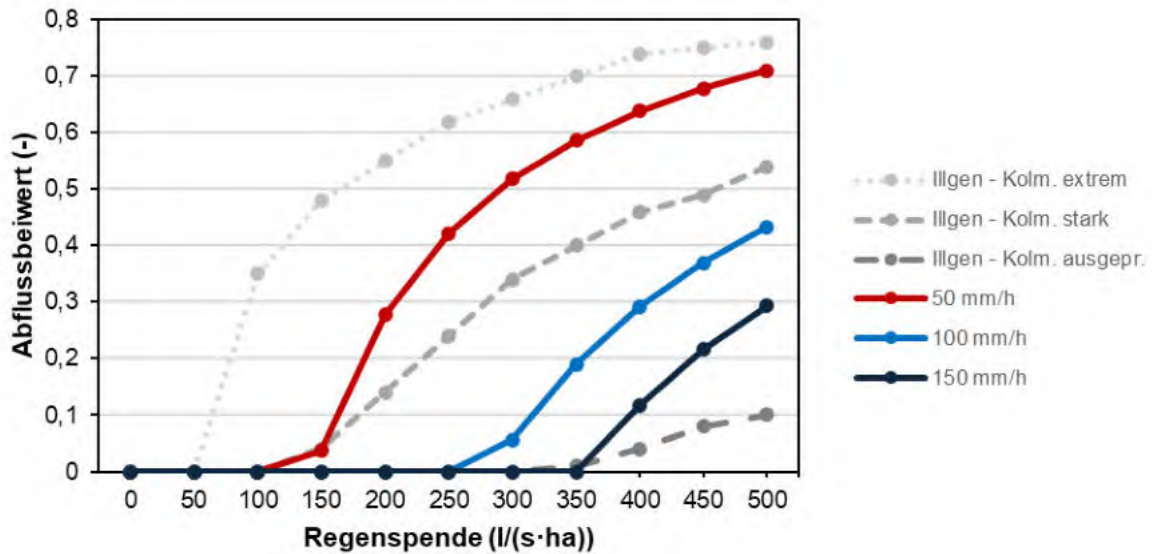


Abbildung 3.1: Abflussbeiwerte des Modells im Vergleich zu den von Illgen (2009) bzw. Schmitt et al. (2007) ermittelten Abflussbeiwerten für Pflasterbeläge mit porösen Betonsteinen

4. Generalisierung durch deutschlandweite Langzeitsimulationen

Zur Erweiterung der Aussagekraft für deutschlandweite Bedingungen wurde das kalibrierte Modell auf langjährige Zeitreihen (20 Jahre) von 133 ausgewählten DWD-Klimastationen in Deutschland angewendet. Die Ergebnisse belegen die stadthydrologisch günstige Wirkung des Klimasteins hinsichtlich Grundwasserneubildung und Verdunstung. Es lässt sich ein deutlicher Unterschied zwischen den saisonalen Betrachtungen feststellen, der sich insbesondere auf den Anteil der Verdunstung bezieht (Abbildung 4.1).

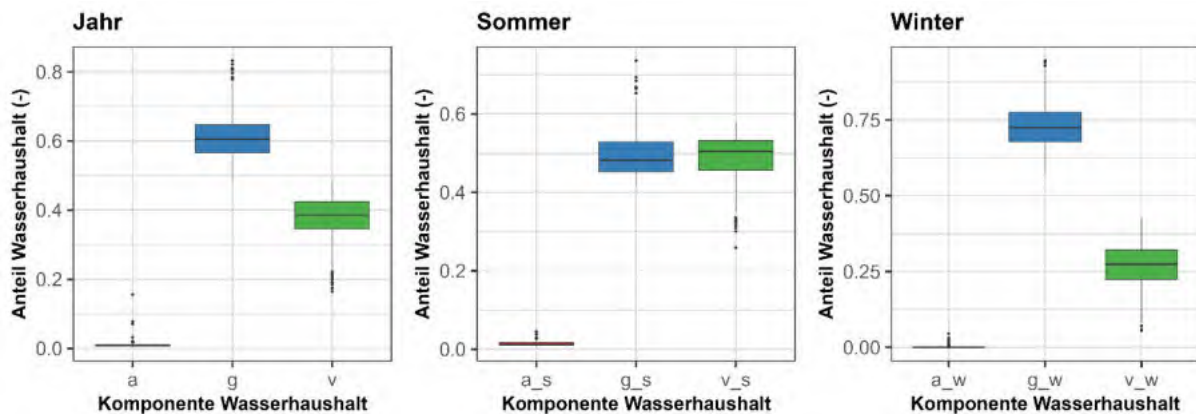


Abbildung 4.1: Aufteilung des Wasserhaushalts als Ergebnis der deutschlandweiten Langzeitsimulationen unter Differenzierung des langjährigen Mittels gesamter Jahre (links), der Sommermonate Apr.-Sep. (Mitte) sowie der Wintermonate Okt.-Mrz (rechts)

5. Herleitung von Wasserhaushaltsgleichungen

Aufbauend auf den Modellergebnissen wurden multiple nichtlineare Regressionsmodelle zur Beschreibung der Wasserhaushaltsgrößen (a , g , v) entwickelt. Als Variablen dienten langjährige Mittelwerte des Niederschlags (h_N) und der potentiellen Verdunstung (ET_0), um eine praxistaugliche Anwendbarkeit zu gewährleisten. Die entwickelten Regressionsgleichungen wiesen hohe Signifikanzniveaus ($p < 0,001$) sowie geringe Residualfehler auf ($0,0138 \leq RSE \leq 0,0222$). Die Validierung anhand unabhängiger Stichproben bestätigte die hohe Prognosegüte der Modelle. Damit konnten die komplexen hydrologischen Zusammenhänge auf einfache, aber verlässliche Gleichungsansätze reduziert werden.

6. Anwendung durch Excel-Tool

Zur Operationalisierung des Modells wurde ein Excel-Tool konzipiert, das die Anwendung der Wasserhaushaltsgleichungen ermöglicht. Nutzer:innen wählen den gewünschten Verwaltungsbezirk sowie den Bilanzzeitraum (ganzjährig, Sommer, Winter) aus (Abbildung 6.1). Daraufhin werden automatisch die zugehörigen klimatologischen Parameter geladen und die Anteile von Verdunstung, Grundwasserneubildung und Abfluss für den Klimastein ausgewiesen. Ein Vergleich mit konventionellen Flächenbelägen ist integriert.

Excel-Tool zur Bestimmung der Wasserbilanz des Klimasteins

Option 1: Automatische Bestimmung Klimadaten durch Ortswahl

EINGABEDATEN

Region:	Ahrweiler	Zeitraum:	Ganzjährig	
Jährlicher Niederschlag	$h_{N, \text{Jahr}}$	735,1	mm/a	
Verdunstung des ausgewählten Zeitraums	$ET_{0, \text{Saison}}$ *	500,7	mm	

* $ET_{0, \text{Sommer}}$ entspr. April-September; $ET_{0, \text{Winter}}$ entspr. Oktober-März

Gültigkeitsbereich:

480 mm/a $\leq h_{N, \text{Jahr}} \leq 1600$ mm/a

370 mm/a $\leq ET_{0, \text{Jahr}} \leq 570$ mm/a

290 mm $\leq ET_{0, \text{Sommer}} \leq 480$ mm

50 mm $\leq ET_{0, \text{Winter}} \leq 115$ mm

ERGEBNISSE

		Klimastein	Asphalt	Pflaster konventionell	
Abfluss	a (%)	0,9	74,5	79,7	%
Grundwasserneubildung	g (%)	60,1	0,0	0,0	%
Verdunstung	v (%)	39,1	25,5	20,3	%

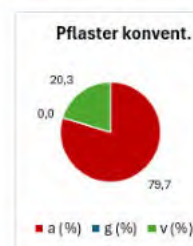
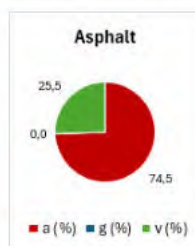
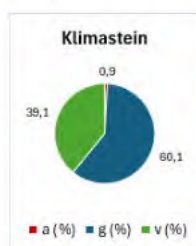


Abbildung 6.1: Screenshot des entwickelten Excel-Tools

7. Zusammenfassung

Insbesondere im Kontext klimagerechter Stadtplanung kann der „Klimastein“ durch seine hohe Verdunstungsleistung und geringe Abflussneigung einen signifikanten Beitrag zur Reduktion thermischer Belastungen und zur Wiederherstellung eines naturnahen Wasserhaushalts leisten. Der im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Modellansatz bietet eine methodisch fundierte und zugleich anwendungsorientierte Lösung zur standortbezogenen Abschätzung des Wasserhaushalts von durchlässigen Pflasterflächen. Das entwickelte Excel-Tool stellt eine praktikable Anwendungshilfe für Fachplaner:innen, Kommunen und Unternehmen dar und ermöglicht eine fundierte Integration wasserbewusster Materialien in die Baupraxis.

8. Literaturverzeichnis

- Dierkes, C. (2017): *Gutachten über die Verdunstungsleistung des Pflastersystems -hp protect*. Münster: HEINRICH KLOSTERMANN GmbH & Co. KG Betonwerke.
- DWA-M 165 (2021): *DWA-Regewerk: Niederschlag-Abfluss- und Schmutzfrachtmodelle in der Siedlungsentwässerung – Teil 1: Anforderungen*. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA).
- Henrichs, M., Langner, J., Uhl, M. (2016): „*Development of a simplified urban water balance model (WABILA)*“. In: *Water Science and Technology*. 73 (8), S. 1785–1795, doi: 10.2166/wst.2016.020.
- Illgen, M. (2009): „*Das Versickerungsverhalten durchlässig befestigter Siedlungsflächen und seine urbanhydrologische Quantifizierung*“. (Dissertation) Kaiserslautern: TU Kaiserslautern.
- McKay, M.D., Beckman, R.J., Conover, W.J. (1979): „*A Comparison of Three Methods for Selecting Values of Input Variables in the Analysis of Output from a Computer Code.*“. In: *Technometrics*. 21 (2), S. 239–245, doi: 10.2307/1268522.
- Rossman, L., Simon, M.A. (2022): *Storm Water Management Model User's Manual Version 5.2*. Cincinnati, Ohio: EPA U.S. Environmental Protection Agency.
- Schmitt, T., Welker, A., Illgen, M., Bosseler, B., Harting, K., Brüggemann, T. (2007): *Untersuchung des Abfluss- und Versickerungsverhaltens wasserdurchlässiger Flächenbeläge*. Kaiserslautern: TU Kaiserslautern.
- Vrugt, J.A., Robinson, B.A. (2007): „*Improved evolutionary optimization from genetically adaptive multimethod search*“. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 104 (3), S. 708–711, doi: 10.1073/pnas.0610471104.
- Welker, A., Dierkes, C. (2017): *Abschlussbericht - Innovative Verkehrsflächenbefestigungen zum Erhalt des natürlichen Wasserhaushaltes und zur Überflutungsvorsorge „Klimaneutrale Verkehrsfläche“*. Frankfurt: Frankfurt University of Applied Sciences.

**Produktdatenblatt nach DIN EN 1338, Pflastersteine aus Beton
und DIN EN 1339, Platten aus Beton**
Produkt: Viato Plus

Art.-Nr.	Bezeichnung	Rastermaß		Nennmaße*			Fase**		Abst.-h.	DIN EN -
		Länge [mm]	Breite [mm]	Länge L [mm]	Breite B [mm]	Dicke D [mm]	Höhe [mm]	Breite [mm]	Tiefe [mm]	Bezeich- nung, Typ
	Normalstein	300	150	294	144	80	2	2	3,5	DIK
	Normalstein	300	200	294	194	80	2	2	3,5	DIK
	Normalstein ***	400	200	394	194	80	2	2	3,5	DILPU 14
	Normalstein VE	200	100	194	94	100	2	2	3,5	DI
	Normalstein	200	100	194	94	100	2	2	3,5	DI
	Normalstein	300	150	294	144	100	2	2	3,5	DIK
	Normalstein	300	200	294	194	100	2	2	3,5	DIK
	Normalstein	400	200	394	194	100	2	2	3,5	DIK

* Zulässige Abweichungen: D<100: L/B < 2mm, D<3mm, D>=100: L/B <3mm, D<4mm, Diagonale > 300, Diff. <3mm

** mit Mikrofase

*** Betonplatte nach DIN EN 1339

Art.-Nr.	Bezeichnung	D-Punkt- Fugensicherung	Oberfläche mit Vorsatz	Ober- seite	Unter- seite	Farben****					
						1	2	3	4	5	6
alle	Viato Plus	Vorhanden	Normal	Eben	Eben						

**** Farben:	1: naturgrau	3: -	5: -
weitere auf Anfrage	2: -	4: -	6: -

Weitere normative Eigenschaften

Witterungswiderstand:	gem. Abschn. 5.3.2 / D	Abriebwiderstand:	gem. Abschn. 5.3.4 / I
Spaltzugfestigkeit:	gem. Abschn. 5.3.3	Gleit-, Rutschwiderstand:	gem. Abschn. 5.3.5 >45 SRT

Skizze mit Rastermaßen:



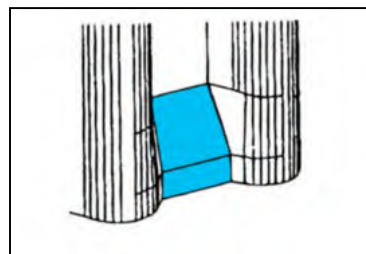
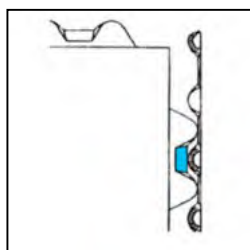
300 x 150
400 x 200



200 x 100



300 x 200



Fugendetail
D-Punkt

Hinweise:

Technische Änderungen vorbehalten. Alle Maßangaben in mm. Zulässige Abweichungen werden durch die Normen geregelt. Die in den verschiedenen Werken hergestellten Produkte können fertigungsbedingt etwas unterschiedliche Abmessungen aufweisen. Die Angaben zu den Farben, Oberflächen und sonstigen optischen Eigenschaften sind unverbindlich, und können aufgrund von technischen Zwängen nicht immer einheitlich sein. Alle Angaben ohne Gewähr.

Stand: 01.01.2024