

WASSERBILANZ RECHNER

LEITFADEN

VERSION 09 / 2026



AUSZUG AUS DER DIPLOMARBEIT:

ENTWICKLUNG EINER ANWENDUNG ZUR AUFSTELLUNG VON
WASSERBILANZEN IM URBANEN BEREICH

VERFASST VON SARA LUKAC

Einleitung

In der Natur unterliegt Wasser einem ständigen Kreislauf: Es fällt als Niederschlag zu Boden, gelangt durch Versickerung in tiefere Bodenschichten, wird durch Verdunstung wieder an die Atmosphäre abgegeben oder fließt oberflächlich ab. In urbanen Gebieten ist dieses Gleichgewicht gestört, denn durch Bebauung und die damit einhergehende Versiegelung steigt der Anteil des Oberflächenabflusses überproportional an, während Versickerung und Verdunstung reduziert sind. Durch den Klimawandel werden Trockenperioden ohne Niederschlag länger, demgegenüber stehen Hitzeextreme und Starkregenereignisse. Dies führt in Städten zu Herausforderungen wie einer überlasteten Kanalisation aufgrund erhöhter Abflussmengen, Wassermangel und Trockenheit infolge der mangelnden Speicherleistung des Bodens, sinkenden Grundwasserspiegeln durch das fehlende Sickerwasser sowie der Bildung von Hitzeinseln wegen der verringerten Verdunstungsleistung. Der Umgang mit Regenwasser im Siedlungsraum gewinnt damit als planerische Aufgabe erheblich an Bedeutung (Geiger, Dreiseitl und Stemplewski, 2009).

Einen Lösungsansatz für diese Herausforderungen bietet das Konzept der wassersensiblen Stadtentwicklung. Ziel ist es, Wasser im Siedlungsraum zu halten und den natürlichen Wasserhaushalt als Zielgröße der Planung zu verankern. Anstatt Niederschlagswasser schnellstmöglich abzuleiten, soll dessen dezentrale Versickerung, Verdunstung und Speicherung durch geeignete Maßnahmen gezielt gefördert werden (LAWA, 2021). Mit dem Merkblatt DWA-M 102-4 (2022) liegt für Deutschland ein vereinfachtes Verfahren zur Berechnung des lokalen Wasserhaushalts in Siedlungsbereichen vor. Die Wasserbilanz des unbebauten, naturnahen Zustands dient dabei als Referenz, an der geplante Bebauungen und Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung gemessen werden können. Damit wird der natürliche Wasserhaushalt zu einem konkreten, überprüfba- ren Planungsziel.

Um die Berechnung von Wasserbilanzen weiter zu vereinfachen und die Untersuchung von Planungsvarianten zu erleichtern, wurde im Zuge der Diplomarbeit „Entwicklung einer Anwendung zur Aufstellung von Wasserbilanzen im urbanen Bereich“ (Lukac, 2026) ein benutzerfreundliches Tool entwickelt, das auf den Berechnungsansätzen des Merkblatts DWA-M 102-4 basiert: der Wasserbilanz Rechner. Dieser Leitfaden ist ein Auszug aus der genannten Diplomarbeit. Da in Österreich kein vergleichbares Regelwerk existiert, wurde darüber hinaus untersucht, wie das Verfahren auch auf österreichische Projektgebiete übertragbar ist und aus welchen Quellen die erforderlichen Eingangswerte bezogen werden können.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	II
Inhaltsverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	VI
Abkürzungsverzeichnis	VI
1 Wasserbilanz Rechner.....	1
1.1 Einführung	1
1.2 Beispielprojekt	3
2 Leitfaden.....	10
2.1 Neues Projekt erstellen.....	10
2.2 Startseite	10
2.3 Eingangswerte Deutschland	13
2.4 Eingangswerte Österreich.....	14
2.5 Eingabe der Flächenarten.....	18
2.5.1 Parameter der Flächen	20
2.5.2 Aufteilungswerte der Flächen.....	21
2.6 Eingabe der Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung	22
2.6.1 Parameter der Anlagen	24
2.6.2 Aufteilungswerte der Anlagen	25
2.6.3 Fassadenbegrünung	26
2.7 Ergebnisbericht.....	28
2.8 Hinweise zur Anwendung	31
Literaturverzeichnis	33

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Icon Wasserbilanz Rechner	1
Abbildung 2: Referenzwasserbilanz	3
Abbildung 3: Wasserbilanz ohne Maßnahmen	4
Abbildung 4: Wasserbilanz mit Maßnahmen	6
Abbildung 5: Startseite mit Informationsbereich	11
Abbildung 6: Empfohlene Reihenfolge der Anwendung: Eingangsparameter, Flächenarten, Regenwasserbewirtschaftungsanlagen, Wasserbilanz Grafik	12
Abbildung 7: Eingblendete Erläuterung zu Eingangsparameter P_{kor}	12
Abbildung 8: Übersicht geeigneter Maßnahmen zur Optimierung des Wasserhaushalts	12
Abbildung 9: Darstellung der Referenzwasserbilanz mit den prozentualen Anteilen der Komponenten R_D (Direktabfluss), GWN (Grundwasserneubildung) und ET (Verdunstung)	13
Abbildung 10: Schaltfläche Eingangswerte Österreich	14
Abbildung 11: Eingangswerte Österreich: Dropdown-Liste zur Eingabe Geländegefälle	14
Abbildung 12: Eingangswerte Österreich: berechneter Wert der Grundwasserneubildung	17
Abbildung 13: Eingabe der Flächenart: Unterscheidung nach 14 Flächenarten	18
Abbildung 14: Beispielhafte Eingabe der Flächenarten für Variante 01 und Variante 02, Schaltfläche zur Berücksichtigung von Anlagen der Regenwasserbewirtschaftung für Variante 02	19
Abbildung 15: Eingblendete Kurzbeschreibung zur Eingabe der Flächenarten	19
Abbildung 16: Eingabe Parameter Gründächer mit eingblendeten Hinweisen zum Gültigkeitsbereich der Höhe der Substratschicht und Ausfüllhilfe zu Werten des Begrünungsfaktors	20
Abbildung 17: Ansicht zur Anpassung der Standardparameter der Flächenarten	20
Abbildung 18: Spalte Aufteilungswerte	21

Abbildung 19: Aufteilungswerte Vegetation	21
Abbildung 20: Übersicht der 12 Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung, gekennzeichnet mit den Buchstaben A bis L	22
Abbildung 21: Eingblendete Kurzbeschreibung zur Berücksichtigung von Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung, Seite <i>A Ableitung</i>	23
Abbildung 22: Fehlerhafte Zuordnung von Flächen zu Anlagen wird in der Übersicht der Anlage <i>A Ableitung</i> farblich hervorgehoben	23
Abbildung 23: Angabe der „Restfläche Ableitung“ entspricht der Summe der Flächen, die noch keiner Anlage zur Regenwasserbewirtschaftung zugewiesen wurde	24
Abbildung 24: Projektspezifische Parameter und Einheitenrechner für den k_F -Wert des Bodens	24
Abbildung 25: Erweiterte Ansicht zur Änderung der Standardparameter der Anlagen	25
Abbildung 26: Aufteilungswerte der Anlage mit und ohne Korrektur von Bilanzierungsfehlern	25
Abbildung 27: Schaltfläche <i>Fassadenbegrünung</i>	26
Abbildung 28: Eingabefeld Fassadenbegrünung und Ergebnis der zusätzlichen Verdunstungsleistung	26
Abbildung 29: Übersicht der Berechnungsschritte zur Berücksichtigung von Fassadenbegrünung, Seite „Eingangswerte und Referenzwasserbilanz“	27
Abbildung 30: Seite „Ergebnisbericht“ - graphische Darstellung der Abweichung zum Referenzzustand	28
Abbildung 31: Ergebnisbericht Seite 1: Gegenüberstellung der 3 Wasserbilanzen	29
Abbildung 32: Ergebnisbericht Seite 1: Aufbau und Inhalt	29
Abbildung 33: Ergebnisbericht Seite 2	30
Abbildung 34: Ergebnisbericht Seite 3	30
Abbildung 35: Erweiterte Ansicht der Seite „Eingabe der Flächenarten“ mit resultierenden Wasserhaushaltsgrößen in m^3/a , graphischer Ergebnisvorschau und resultierenden Aufteilungswerten der Variante 02 ohne Berücksichtigung der Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung	31

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Aufteilungswerte der Flächen bei Variation der Parameter innerhalb ihrer Gültigkeitsbereiche	7
Tabelle 2:	Aufteilungswerte der Anlagen bei Variation der Parameter innerhalb ihrer Gültigkeitsbereiche	9
Tabelle 3:	Gruppierung von Böden (nach Meßer, 2014, zit. n. DWA, 2022, S. 40).....	16
Tabelle 4:	Verhältniswert r des Direktabflusses am Gesamtabfluss (nach DWA-M 102-4, 2022b, S. 45).....	17

Abkürzungsverzeichnis

Institutionen und Kartenwerke:

BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde (Deutschland)
BFW	Bundeforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (Österreich)
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
eBOD	Digitale Bodenkarte Österreichs
eHAO	Elektronischer Hydrologischer Atlas Österreichs
HAD	Hydrologischer Atlas von Deutschland
HAÖ	Hydrologischer Atlas Österreichs
LAWA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (Deutschland)

Formelzeichen und Hydrologische Kenngrößen:

a	Aufteilungswert für den Direktabfluss
a_A	Aufteilungswert für den Direktabflussanteil von Anlagen
a_F	Aufteilungswert für den Direktabflussanteil von Flächen
$A_{E,k}$	kanalisierte Einzugsgebietsfläche

ET	Verdunstung (Evapotranspiration)
ETa	tatsächliche (aktuelle) Verdunstung
ETp	potentielle Verdunstung
f_B	Begrünungsfaktor
f_{FU}	Anteil der Fugenfläche bezogen auf die befestigte Fläche
g	Aufteilungswert für die Grundwasserneubildung
g_A	Aufteilungswert für die Grundwasserneubildung von Anlagen
g_F	Aufteilungswert für die Grundwasserneubildung von Flächen
GWN	Grundwasserneubildung
h_D	Höhe der Deck- und oberen Tragschicht eines wasserdurchlässigen Flächenbelags (speicherwirksame Aufbauhöhe)
h_S	Höhe der Substratschicht eines Gründachs
k_f	Durchlässigkeitsbeiwert
nFK	nutzbare Feldkapazität
P	Niederschlag (Precipitation)
P_{kor}	korrigierter Niederschlag
q_{Dr}	Drosselabflussspende
R	Abfluss (Runoff)
R_D	Direktabfluss
Sp	Speicherhöhe
v	Aufteilungswert für die Verdunstung
v_A	Aufteilungswert für den Verdunstungsanteil von Anlagen
v_F	Aufteilungswert für die Verdunstungsanteil von Flächen
We	Tiefe des effektiven Wurzelraums
$WK_{\text{max}} - WP$	Differenz zwischen maximaler Wasserkapazität des Bodens und Welkepunkt
Wpfl	Pflanzenverfügbares Bodenwasser

1 Wasserbilanz Rechner

Zur Beurteilung von Veränderungen im Wasserhaushalt liefert das Merkblatt DWA-M 102-4 (2022) Berechnungsansätze. Aufbauend darauf wurde im Rahmen einer Diplomarbeit ein Wasserbilanz Rechner entwickelt, der diesen Berechnungsablauf automatisiert und somit die Anwendung des Merkblatts erleichtert.



Abbildung 1: Icon Wasserbilanz Rechner

Dieses Kapitel umfasst eine allgemeine Einführung sowie die Berechnung eines Beispielprojekts zur Veranschaulichung der Einsatzmöglichkeiten. Im darauffolgenden Kapitel dokumentiert ein Leitfaden die Funktionsweise mit Erläuterungen zum Aufbau und den erforderlichen Eingaben.

1.1 Einführung

Mit dem Wasserbilanz Rechner ist es möglich, Wasserbilanzen für urbane Gebiete zu erstellen. Er richtet sich an Interessierte, die eine einfache Möglichkeit zur Erstellung von Wasserbilanzen nach den Ansätzen des Merkblatts DWA-M 102-4 suchen. Die Anwendung ist primär für Projektgebiete in Deutschland konzipiert. Zusätzlich wird für Österreich ein Weg aufgezeigt, wie der Rechner mit Werten aus dem eHAO und einem vorgeschlagenen Berechnungsgang für die Grundwasserneubildung angewendet werden kann.

Für ein Projekt können jeweils drei Bilanzen berechnet werden: Die Referenzwasserbilanz bildet den naturnahen Zustand des unbebauten Gebiets ab und definiert damit die Zielwerte. Anschließend können zwei Varianten der Bebauung verglichen werden: eine Variante ohne Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung und eine Variante, in der Maßnahmen für eine naturnahe Wasserbilanz berücksichtigt werden. Im direkten Vergleich der drei Bilanzen zeigt sich, wie wirksam die gewählten Maßnahmen im Hinblick auf die Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt sind. Im Rechner kann zwischen 14 Flächenarten unterschieden werden, deren Abflüsse an zwölf verschiedene Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung angeschlossen werden können. Zusätzlich ist die Berücksichtigung von Fassadenbegrünung möglich.

Die erforderlichen Eingangsgrößen umfassen hydrologische Kenngrößen des Standorts sowie die Flächenaufteilung des Projektgebiets und Kennwerte der gewählten Flächen und Anlagen. Die Ergebnisse werden sowohl tabellarisch als auch graphisch dargestellt, wodurch die Auswirkungen einzelner Eingaben unmittelbar nachvollziehbar sind.

Der Wasserbilanz Rechner dient der Bilanzierung des Wasserhaushalts, nicht der Bemessung von Anlagen. Die hydraulische Dimensionierung der gewählten Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung ist gesondert nach einschlägigen Regelwerken durchzuführen. Da die hydrologischen Eingangsgrößen aus dem HAD bzw. dem HAÖ stammen, sind die Ergebnisse als Näherungswerte zu verstehen. Der Wasserbilanz Rechner wurde im Rahmen dieser Diplomarbeit mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Berechnungsergebnisse wird jedoch keine Gewähr übernommen. Die Verwendung erfolgt auf eigene Verantwortung. Die Ergebnisse ersetzen keine fachliche Planung oder Bemessung nach den einschlägigen Regelwerken. Das Tool darf unter Nennung der Urheberin frei verwendet und weitergegeben werden.

Im folgenden Abschnitt wird die Anwendung des Rechners anhand eines Beispielprojekts veranschaulicht.

1.2 Beispielprojekt

Sofern nicht anders angegeben, wurde mit Standardwerten gemäß Merkblatt DWA-M 102-4 (2022b) gerechnet.

Verglichen werden die Wasserbilanzen eines Projektgebiets mit einer Fläche von 12 000 m². Die Eingangsparameter zur Bilanzierung lauten:

Eingangsparameter		
P _{kor}	Mittlere korr. jährl. Niederschlagshöhe	600 mm/a
ETa	Mittlere jährl. tatsächliche Verdunstungshöhe	450 mm/a
ETp	Mittlere jährl. potentielle Verdunstungshöhe	630 mm/a
R	Mittlere jährl. Abflusshöhe	150 mm/a
GWN	Mittlere jährl. Grundwasserneubildung	85 mm/a

Die Berechnung der Referenzwasserbilanz ergibt eine Verteilung von 10,8 % Direktabfluss, 14,2 % Grundwasserneubildung und 75 % Verdunstung, wie in Abbildung 2 dargestellt.

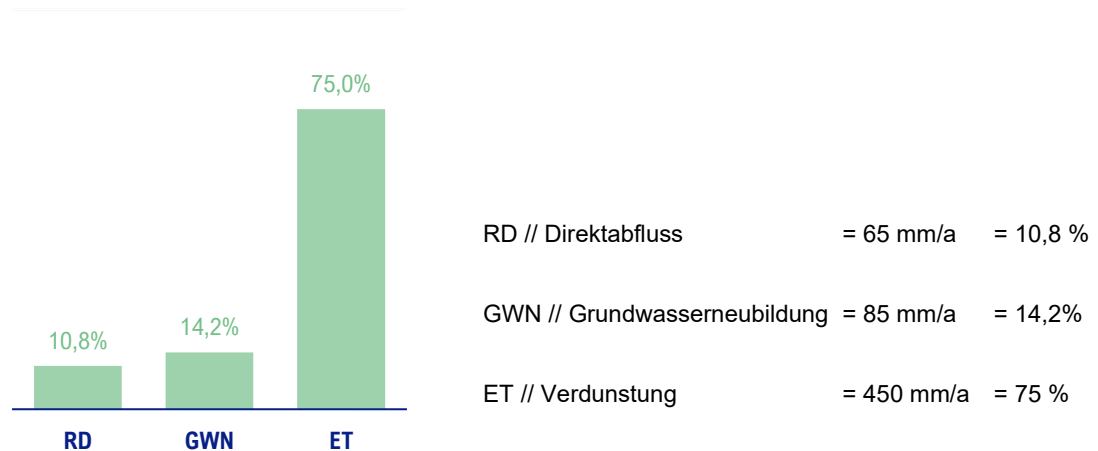


Abbildung 2: Referenzwasserbilanz

Um die Wirksamkeit von Maßnahmen zur Annäherung an die natürliche Wasserbilanz zu veranschaulichen, wird in einem ersten Schritt die Wasserbilanz im bebauten Zustand ohne spezielle Berücksichtigung des Referenzzustandes ermittelt, wobei davon ausgegangen wird, dass die befestigten Flächen konventionell in den Kanal entwässert werden. Die Eckdaten der Bebauung lauten wie folgt:

Bebauung	Flächentyp	Größe
Gebäude	Flachdach, bekiest	5.400 m ²
Straßen	Asphalt	1.300 m ²
Parkplätze	Asphalt	400 m ²
Wege	Pflaster, dichte Fugen	1.000 m ²
Tiefgarage	intensiv begrünt (Gründach) Substrathöhe: $h_s = 280$ mm Begrünungsfaktor: $f_B = 1,2$	1.000 m ²
Vegetationsfläche		2.900 m ²
Gesamt:		12.000 m²

Das Ergebnis der Wasserbilanz ohne Maßnahmen zeigt signifikante Abweichungen von der Referenzwasserbilanz, wie in Abbildung 3 dargestellt. Der Anteil des Direktabflusses ist um 42 % gestiegen, während Grundwasserneubildung um 11 % und Verdunstung um 31 % gesunken sind.

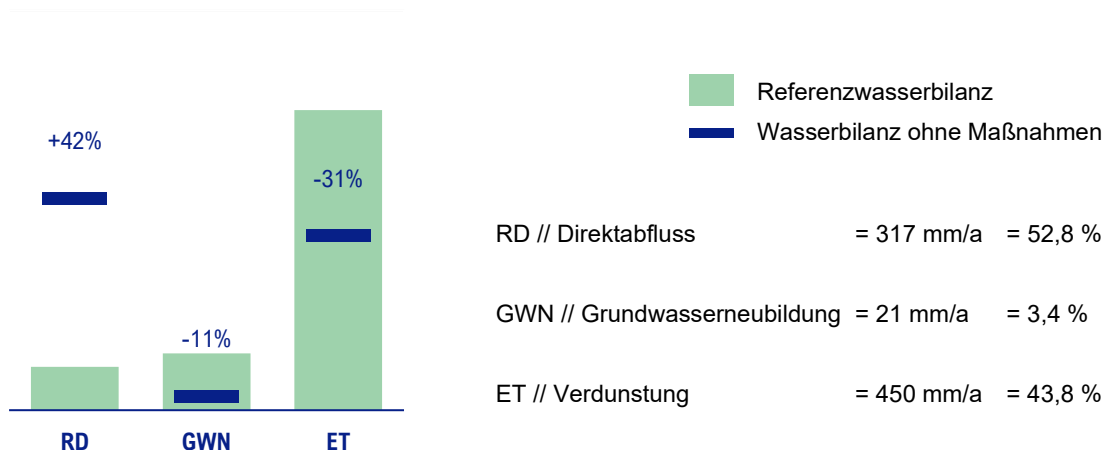


Abbildung 3: Wasserbilanz ohne Maßnahmen

Zur Berechnung der Wasserbilanz mit Maßnahmen werden zunächst die geplanten Verbesserungen definiert. Dabei werden sowohl Potentiale der Oberflächenausführung als auch der Anschluss an Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung genutzt, um den Direktabfluss zu reduzieren sowie Grundwasserneubildung und Verdunstung zu steigern.

Die Flachdächer werden anstelle einer bekiesten Ausführung als Gründächer ausgeführt, jeweils zur Hälfte als extensiv und intensiv begrüntes Dach. Die Asphaltierung der Straßen bleibt erhalten, die Parkplätze werden jedoch entsiegelt und mit Rasengittersteinen ausgeführt. Die Wege erhalten eine Pflasterung mit erhöhtem Fugenanteil (2-5 %), ein Teilbereich von 400 m² wird mit durchlässigem Flächenbelag ausgeführt. Das intensiv begrünte Dach der Tiefgarage wird als Gartenfläche genutzt und bleibt unverändert.

Zur Steigerung der Wirksamkeit werden den Flächen zusätzlich Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung zugeordnet. Die Asphalt- und Rasengitterflächen werden in eine Muldenversickerung eingeleitet, die Wegflächen an Sickerschächte angeschlossen. Das Niederschlagswasser der extensiv begrünten Flächen wird gesammelt und zur Bewässerung der Grünflächen genutzt. Die intensiv begrünten Flächen werden ebenfalls an Sickerschächte angeschlossen. Zusätzlich ist die Ausführung von 500 m² begrünter Fassadenfläche geplant. Übersicht der adaptierten Planung:

Bebauungsvariante	Flächentyp	Größe
Gebäude	Flachdach, intensiv begrünt Substrathöhe: $h_s = 280$ mm Begrünungsfaktor: $f_B = 1,2$	2.700 m ²
Gebäude	Flachdach, extensiv begrünt Substrathöhe: $h_s = 50$ mm Begrünungsfaktor: $f_B = 1,1$	2.700 m ²
Straßen	Asphalt	1.300 m ²
Parkplätze	Rasengittersteine	400 m ²
Wege	Pflaster, 2–5 % Fugenanteil	600 m ²
Wege	Sickersteine, teildurchlässige Flächenbeläge	400 m ²
Tiefgarage	Flachdach, intensiv begrünt Substrathöhe: $h_s = 280$ mm Begrünungsfaktor: $f_B = 1,2$	1.000 m ²
Vegetationsfläche		2.900 m ²
Gesamt:		12.000 m²
+ 500 m ² Fassadenbegrünung		

Flächenabfluss von	Zuordnung Anlage
Asphaltflächen und Rasengittersteine	Versickerungsmulde Durchlässigkeitsbeiwert: $k_f = 360$ mm/h
Wegflächen und intensive Begrünung	Sickerschacht
Extensive Begrünung	Nutzung zur Bewässerung Speichervolumen Wassertank: 100.000 l
+ 500m ²	Fassadenbegrünung

Das Ergebnis der Wasserbilanz mit Maßnahmen, dargestellt in Abbildung 4, zeigt die deutliche Verbesserung und Annäherung zum Referenzzustand. Der Direktabfluss

konnte im Vergleich zum Referenzzustand um 5 % reduziert, die Grundwasserneubildung um 11 % gesteigert und die Verdunstung bis auf eine Abweichung von 7 % an den Referenzzustand angenähert werden.

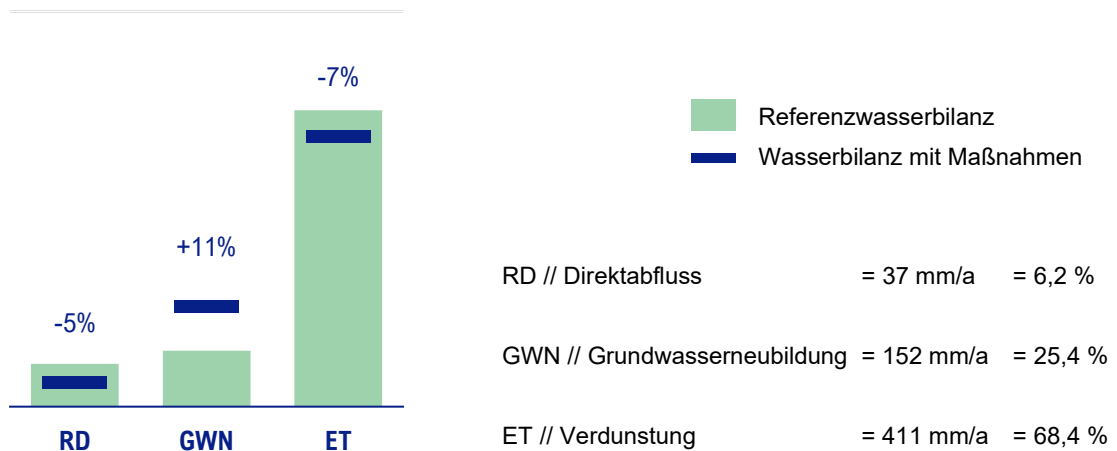


Abbildung 4: Wasserbilanz mit Maßnahmen

Das berechnete Beispielprojekt stellt lediglich eine von zahlreichen möglichen Ausführungsvarianten dar. Die Wirksamkeit unterschiedlicher Flächentypen und Anlagen lässt sich am besten anhand der jeweils berechneten Aufteilungswerte beurteilen, also der entstehenden Anteile von Abfluss, Grundwasserneubildung und Verdunstung. Zur ersten Einschätzung, wie sich Abweichungen von den Standardparametern auswirken, wurden als Ergänzung die folgenden Tabellen erstellt. Um die Bandbreite der Ergebnisse darzustellen, wurden für die Parameter jeweils das Minimum und das Maximum des Gültigkeitsbereichs sowie der Standardparameter oder der Mittelwert des Gültigkeitsbereichs untersucht. Um die Auswirkungen einzelner Parameter isoliert betrachten zu können, wurde stets nur ein Parameter vom Standardwert abweichend angesetzt.

Zur Bewertung der Parameterrelevanz wurde für jeden Parameter die Spanne betrachtet und beurteilt, in der sich die Aufteilungswerte bei Variation innerhalb des Gültigkeitsbereichs bewegen. Die Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten auftretenden Aufteilungswert, ausgedrückt in Prozentpunkten, wurde in vier Kategorien eingeteilt. Die Bewertung bezieht sich dabei auf die größte Spanne, die bei einem der drei Aufteilungswerte auftritt:

Symbol	Spanne der Aufteilungswerte	Einfluss
++	> 20 %	sehr hoch
+	10 bis < 20 %	hoch
o	5 bis < 10 %	gering
-	< 5 %	sehr gering

Tabelle 1: Aufteilungswerte der Flächen bei Variation der Parameter innerhalb ihrer Gültigkeitsbereiche

Aufteilungswerte Flächen							
Ber.-Ansatz	Flächentyp	Para- meter	Wert	a _F	g _F	v _F	Relevanz des Parameters
A.2	Steildach, Flachdach glatt	Sp	0,1	0,929	0	0,071	o
			0,3	0,895	0	0,105	
			0,6	0,852	0	0,148	
A.3	Flachdach rau, Flachdach bekiest, Asphalt, fugenloser Beton, Pflaster dichte Fugen	Sp	0,6	0,830	0	0,170	+
			1	0,796	0	0,204	
			1,5	0,761	0	0,239	
			2	0,733	0	0,267	
			2,5	0,710	0	0,290	
			3	0,689	0	0,311	
A.4	Gründach						
	f _B = 1,0 WK _{max} - WP = 0,5	hs	40	0,467	0	0,533	+ +
			500	0,190	0	0,810	
	f _B = 1,4 WK _{max} - WP = 0,5	hs	40	0,368	0	0,632	+ +
			500	0,092	0	0,908	
	f _B = 1,0 WK _{max} - WP = 0,8	hs	40	0,382	0	0,618	+ +
			500	0,105	0	0,895	
	f _B = 1,4 WK _{max} - WP = 0,8	hs	40	0,284	0	0,716	+ +
			500	0,007	0	0,993	
	A.5	Einstaudach	Sp	3	0,668	0	0,332
5				0,609	0	0,391	
10				0,519	0	0,481	
A.6	Teildurchlässige Flächenbeläge (2-5 % Fugenanteil)	Sp	0,1	0,513	0,375	0,112	+
			1	0,462	0,332	0,206	
			2	0,417	0,310	0,273	
		WK _{max} - WP	0,1	0,479	0,317	0,205	-
			0,15	0,462	0,332	0,206	
			0,2	0,445	0,348	0,207	
		f _{Fu}	2	0,579	0,220	0,201	+ +
			4	0,462	0,332	0,206	
			6	0,345	0,444	0,210	
		k _f	6	0,635	0,167	0,199	+ +
			18	0,462	0,332	0,206	
			100	0,236	0,569	0,195	

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 1: Aufteilungswerte der Flächen bei Variation der Parameter innerhalb ihrer Gültigkeitsbereiche

Aufteilungswerte Flächen							
Ber.-Ansatz	Flächentyp	Parameter	Wert	a _F	g _F	v _F	Relevanz des Parameters
A.7	Teildurchlässige Flächenbeläge (6-10 % Fugenanteil)	Sp	0,1	0,233	0,637	0,129	+ +
			1	0,196	0,590	0,215	
			2	0,162	0,560	0,278	
		WK _{max} - WP	0,1	0,207	0,581	0,212	-
			0,15	0,196	0,590	0,215	
			0,2	0,183	0,599	0,218	
		f _{Fu}	6	0,250	0,540	0,210	+
			8	0,196	0,590	0,215	
			10	0,140	0,640	0,219	
		k _f	6	0,532	0,252	0,215	+ +
			36	0,196	0,590	0,215	
			100	0,122	0,662	0,216	
A.8	Teildurchlässige Flächenbeläge (Poren-, Sickersteine, Schotterrasen, Kies)	Sp	2,5	0,004	0,507	0,489	-
			3,5	0,002	0,508	0,490	
			4,2	0,001	0,509	0,490	
		h _D	50	0,008	0,588	0,404	o
			100	0,002	0,508	0,490	
		k _f	10	0,012	0,499	0,489	-
			180	0,002	0,508	0,490	
A.9	Rasengittersteine	f _{Fu}	20	0,056	0,679	0,265	-
			25	0,044	0,688	0,268	
			30	0,033	0,696	0,271	
		Sp	0,1	0,050	0,749	0,201	+
			1	0,044	0,688	0,268	
			2	0,036	0,649	0,314	
		WK _{max} - WP	0,1	0,064	0,683	0,253	-
			0,15	0,044	0,688	0,268	
			0,2	0,029	0,689	0,282	
A.10	Wassergebundene Decke	h _D	50	0,077	0,522	0,401	o
			100	0,077	0,439	0,484	
		Sp	2,5	0,089	0,425	0,486	-
			3,5	0,077	0,439	0,484	
			4,2	0,070	0,448	0,482	
		k _f	0,72	0,182	0,318	0,500	+
			1,8	0,077	0,439	0,484	
			10	0,003	0,505	0,492	

Tabelle 2: Aufteilungswerte der Anlagen bei Variation der Parameter innerhalb ihrer Gültigkeitsbereiche

Aufteilungswerte Anlagen							
Ber.-Ansatz	Flächentyp	Para- meter	Wert	a _A	g _A	v _A	Relevanz des Parameters
Tab. B.1	Rohr, Rinne, steiler Graben	-	-	1	0	0	
Tab. B.1	Flache Gräben mit Bewuchs	-	-	0,7	0,1	0,2	
B.2	Versickerungs- flächen	k _f	325	0	0,795	0,205	+ (1)
			700	0,001	0,862	0,137	
			1100	0,003	0,901	0,096	
B.2	Versickerungs- mulde	k _f	14	0	0,919	0,081	o (1)
			1800	0,009	0,970	0,021	
			3600	0,016	0,968	0,016	
Tab. B.1	Sickerschacht, -rohr, -rigole	-	-	0,1	0,9	1	
B.4	Mulden-Rigolen- Element	k _f	3,6	0	0,935	0,065	-
			20	0,001	0,961	0,038	
			36	0	0,969	0,031	
B.5	Mulden-Rigolen- System k _f = 3,6	q _{Dr}	1	0	0,958	0,042	+ (2)
			5	0,049	0,920	0,030	
			10	0,160	0,822	0,018	
A.1	geschlossenes Regenbecken, begrünt	-	-	0,1	0,3	0,6	
Tab. B.1	Retentions- bodenfilter	-	-	0,8	0	0,2	
B.7	offenes Regenbecken mit Dauerstau, offene Wasserfläche	Aufteilungswert der Fläche und Größe der Wasserfläche gehen in die Berechnung ein → Werte nicht tabellierbar (3)					
B.6	Bewässerung, Brauchwasser	Volumen der Wassertanks und Zuordnung zu Bewässerung oder Brauchwasser erforderlich → Werte nicht tabellierbar					
(1) je kleiner der k _f -Wert, desto größer wird die Fläche der Anlage							
(2) je höher q _{Dr} , desto kleiner wird die Anlagengröße							
(3) Die Verdunstungsleistung von Wasserflächen wird durch die Differenz zwischen ET _p und P _{kor} sowie die Größe der Wasserfläche bestimmt. Liegt ET _p nahe an P _{kor} , können Zuflüsse von angeschlossenen Flächen nur bei entsprechend großer Wasserfläche verdunstet werden.							

2 Leitfaden

Der Wasserbilanz Rechner wurde als Datei in Microsoft Excel erstellt. Beim Startdokument handelt es sich um eine Microsoft Excel-Vorlage mit Makros (.xltn-Datei). Zur Nutzung der Anwendung muss die Ausführung von Makros auf dem Endgerät zugelassen werden.

Eingabe- bzw. bearbeitbare Felder sind einheitlich farblich markiert (Beispiel: ).

2.1 Neues Projekt erstellen

Zum Starten eines neuen Projekts ist keine Installation erforderlich. Durch Doppelklick auf die Datei „Wasserbilanz Rechner“ öffnet sich ein neues Fenster, die Bearbeitung des Projekts kann direkt beginnen. Die Startdatei kann nicht überschrieben werden, das neue Projekt kann als Excel-Arbeitsmappe mit Makros (.xlsm-Datei) gespeichert und beliebig weiterbearbeitet werden.

2.2 Startseite

Die Bearbeitung kann über die Schaltfläche *START Wasserbilanz berechnen* begonnen werden. Die Navigation in der Anwendung funktioniert über Icons am rechten oberen Rand:

-  Startseite mit Informationsbereich
-  Eingangswerte und 00 // *Referenzwasserbilanz*
-  Eingabe der Flächenarten für 01 // *Wasserbilanz ohne Maßnahmen* und 02 // *Wasserbilanz mit Maßnahmen*
-  Eingabe der Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung
-  Ergebnisbericht mit grafischer Gegenüberstellung der Wasserbilanzen und Zusammenfassung der Berechnungsparameter
-  Speicherfunktion
-  Druckfunktion, verfügbar auf den Seiten *Ergebnisbericht* und *Eingangswerte Österreich*

Um den Einstieg in die Anwendung zu erleichtern, ist auf der Startseite ein Informationsbereich zu finden (Abbildung 5).



Abbildung 5: Startseite mit Informationsbereich

Unter „Allgemeines zur Anwendung // Wasserbilanz Rechner“ wird auf das Merkblatt DWA-M 102-4 verwiesen, welches die Grundlage des Rechners darstellt. Um die Bearbeitung in einem ersten Schritt zu vereinfachen, sind Standardparameter zur Berechnung in hohem Maße schon vordefiniert, diese können in Folge projektspezifisch angepasst werden. Es ist möglich drei Wasserbilanzen pro Datei zu erstellen:

- **00 // Referenzwasserbilanz:** dient der Ermittlung des Referenzzustands eines Projektgebiets ohne Bebauung. Ziel in der weiteren Bearbeitung ist eine möglichst genaue Annäherung an diesen Referenzzustand.
- **01 // Wasserbilanz ohne Maßnahmen:** zeigt das Ergebnis der Wasserbilanz eines Gebiets mit Bebauung, ohne Berücksichtigung von Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung. Hier können ausschließlich Flächenarten im Sinne von unterschiedlichen Oberflächen einer Bebauung definiert werden. Der Anteil des Direktabflusses wird als vom Grundstück abgeleitet berücksichtigt.
- **02 // Wasserbilanz mit Maßnahmen:** zeigt das Ergebnis der Wasserbilanz eines Gebiets mit Bebauung, mit Berücksichtigung von Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung. Hier kann zusätzlich zur Definition von Flächenarten auch die Projektierung von Regenwasserbewirtschaftungsanlagen vorgenommen

werden. Der Anteil des abzuleitenden Direktabflusses kann reduziert werden, indem die Flächenarten den Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung zugeordnet werden. Der Regenwasserabfluss von Flächen, die keiner Anlage zugeordnet werden, wird automatisch als vom Grundstück abgeleitet berücksichtigt.

Auf der Startseite wird weiters eine empfohlene Reihenfolge der Anwendung dargestellt, an der sich auch die vorliegende Anleitung orientiert (Abbildung 6).



Abbildung 6: Empfohlene Reihenfolge der Anwendung: Eingangsparameter, Flächenarten, Regenwasserbewirtschaftungsanlagen, Wasserbilanz Grafik

Die Bedienung des Wasserbilanz Rechners wird durch Ausfüllhilfen, Erläuterungen und Verweise auf Quellen unterstützt. Diese wurden als Kommentare erstellt und werden durch Bewegen des Cursors auf die roten Dreiecke ▼ eingeblendet (Abbildung 7).

	aus HAD:
$P_{\text{kor}} =$	✓ Teil 2: Hydrometeorologie
$ET_a =$	✓ 2.5 Mittlere korrr. Jährl. Niederschlagshöhe
$ET_p =$	✓ Niederschlagshöhe [mm]
$R =$	0 mm/a
	Gültigkeitsbereich: 500-1.700 mm/a
	0 mm/a

Abbildung 7: Eingebblendete Erläuterung zu Eingangsparameter P_{kor}

Der zweite Teil des Informationsbereichs „Auswahlhilfe geeigneter Maßnahmen // Optimierung des Wasserhaushalts“ zeigt eine Übersicht von Flächenarten und Anlagen, und wie diese positiv im Sinne des Wasserhaushalts eingesetzt werden können (Abbildung 8). Diese Zusammenstellung unterstützt die Auswahl einzelner Bausteine mit dem Ziel, eine möglichst genaue Annäherung an die Referenzwasserbilanz zu erreichen. Dies bedeutet in der Regel eine Erhöhung der Anteile von Verdunstung und Grundwasserneubildung, sowie eine Verringerung des Direktabflusses.

AUSWAHLHILFE GEEIGNETER MASSNAHMEN // OPTIMIERUNG DES WASSERHAUSHALTS:			
	+ Verdunstung	+ Grundwasserneubildung	- Direktabfluss
Flächenart	• Vegetationsfläche erhöhen • Gründach • Entsiegelung • Wasserdurchlässige Flächenbefestigung	• Vegetationsfläche erhöhen • Entsiegelung • Wasserdurchlässige Flächenbefestigung	• Entsiegelung • Vegetationsfläche erhöhen • Gründach
Anlage	• oberirdische Versickerung • Regenwassernutzung zur Bewässerung • Fassadenbegrünung • offene Wasserfläche	• oberirdische Versickerung • unterirdische Versickerung	• oberirdische Versickerung • unterirdische Versickerung • Regenwassernutzung zur Bewässerung • Regenwassernutzung als Betriebswasser

Abbildung 8: Übersicht geeigneter Maßnahmen zur Optimierung des Wasserhaushalts

2.3 Eingangswerte Deutschland

Durch Klick auf die Schaltfläche *START Wasserbilanz berechnen* auf der Startseite oder das Icon  am rechten oberen Fensterrand wird die Seite „Eingangswerte und Referenzwasserbilanz“ aufgerufen. Die Eingangswerte für ein Projekt sind aus dem unbebauten oder nur geringfügig bebauten Umfeld des Bilanzierungsgebiets mithilfe des Hydrologischen Atlas Deutschlands (HAD, BfG, 2003)) zu ermitteln. Erforderliche Werte:

-	P_{kor}	Mittlere korrigierte jährliche Niederschlagshöhe	HAD Tafel 2.5
-	ET_a	Mittlere jährliche tatsächliche Verdunstungshöhe	HAD Tafel 2.13
-	ET_p	Mittlere jährliche potentielle Verdunstungshöhe	HAD Tafel 2.12
-	R	Mittlere jährliche Abflusshöhe	HAD Tafel 3.5
-	GWN	Mittlere jährliche Grundwasserneubildung	HAD Tafel 5.5
-	$A_{E,k}$	Gesamtgröße des Bilanzierungsgebiets (= Fläche des kanalisierten Einzugsgebiets)	Projektspezifische Eingangsgröße

Der Direktabfluss R_D wird anhand der Eingaben automatisch berechnet.

Basierend auf den Eingangswerten wird die Referenzwasserbilanz für das Projekt im selben Fenster prozentual berechnet und als Diagramm dargestellt.

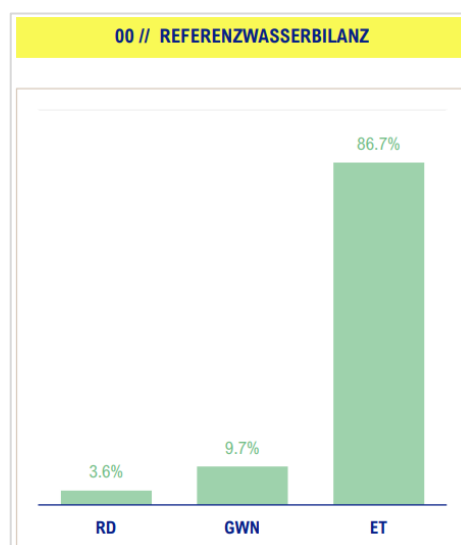


Abbildung 9: Darstellung der Referenzwasserbilanz mit den prozentualen Anteilen der Komponenten R_D (Direktabfluss), GWN (Grundwasserneubildung) und ET (Verdunstung)

Durch Klick auf die Schaltfläche  am linken untern Fensterrand vergrößert sich Anzeige und es werden Zwischenergebnisse der Berechnung eingeblendet. Hier sind nach erfolgter Eingabe die Ergebnisse der drei Wasserbilanzen einsehbar. Durch Klick auf die Schaltfläche  wird dieser Bereich wieder ausgeblendet.

2.4 Eingangswerte Österreich

Im Merkblatt DWA-M 102-4 wird die Bestimmung der Eingangsparameter mithilfe des Hydrologischen Atlas Deutschlands beschrieben. Da die entsprechenden Daten online frei zugänglich sind, besteht die Möglichkeit einer vereinfachten Berechnung von Wasserbilanzen für Deutschland.

Für die Anwendung in Österreich steht im Wasserbilanz Rechner eine eigene Seite zur Verfügung, über die entsprechende österreichspezifische Werte ebenso ermittelt werden können. Dazu ist die Schaltfläche „Eingangswerte Österreich“ auf der Seite „Eingangswerte und Referenzwasserbilanz“ (= ) auszuwählen.



Abbildung 10: Schaltfläche Eingangswerte Österreich

Mit dem online verfügbaren Hydrologischen Atlas Österreichs (eHAO, BMLUK, 2003-2007) werden die Werte für Niederschlag, Verdunstung und Abflusshöhe ermittelt:

- | | | |
|-------|---|----------------|
| - P | Mittlerer jährlicher Gebietsniederschlag | eHAO-Tafel 7.1 |
| - ETa | Mittlere jährliche aktuelle Gebietsverdunstung | eHAO-Tafel 7.1 |
| - ETp | Mittlere jährliche potentielle Gebietsverdunstung | eHAO-Tafel 7.1 |
| - R | Mittlere jährliche Abflusshöhe | eHAO-Tafel 7.1 |

Der Wert der Grundwasserneubildung ist nicht im eHAO abrufbar. Die Grundwasserneubildung wird deshalb über mehrere Schritte mit Grundlagen aus eHAO sowie der Digitalen Bodenkarte (eBOD, BFW, 2023) abgeschätzt. Durch Einblenden der Hinweise  werden die erforderlichen Schritte direkt im Wasserbilanz Rechner näher beschrieben. Die Eingabe erfolgt durch Auswahl von Werten aus einer Dropdown-Liste, die beim Anwählen des Eingabefelds angezeigt wird.

Ermittlung von GWN:

- Grundwasserflurabstand:
- Geländegefälle:
- Landnutzungseinheit:
- Einordnung Bodengruppe
Merkmale Bodengruppen:

>1 m

0-2 %

2-4 %

4-10 %

>10%

nFK =

Wpfl =

We =

Abbildung 11: Eingangswerte Österreich: Dropdown-Liste zur Eingabe Geländegefälle

Schritte zur Ermittlung von GWN:

Grundwasserflurabstand

Zu wählen ist aus 2 Möglichkeiten: 0-1 m oder >1 m Flurabstand des Grundwassers. Die Ermittlung des Grundwasserflurabstandes kann über eHAO erfolgen: Tafel 6.4 Mittlerer Flurabstand des Grundwassers, Inhalt Mittlerer Flurabstand aktivieren.

Geländegefälle

Das Gefälle des Projektgebiets ist in eine von vier Kategorien einzuordnen: 0-2 %, 2-4 %, 4-10 % und >10 %.

Landnutzungseinheit

Das Projektgebiet ist in eine der zwei Kategorien Grünland, Ackerland oder Laubwald, Nadelwald einzuordnen.

Einordnung Bodengruppe

Zur Klassifizierung der Bodengruppe können aus eBOD drei Bodenmerkmale abgerufen werden.

nFK = nutzbare Feldkapazität

aus: eBOD → Kartensteuerung → Themenkarten → BAW → Nitrat- und Feldkapazität → Nutzbare Feldkapazität

Die Nutzbare Feldkapazität kann über das Dropdown-Menü in Kategorien von sehr gering bis sehr hoch eingestuft werden.

Wpfl = Pflanzenverfügbares Bodenwasser

aus eBOD: Kartensteuerung → Themenkarten → BFW → Bodeneigenschaften → Wasserverhältnisse

Das Pflanzenverfügbare Bodenwasser kann über das Dropdown-Menü in drei Kategorien von sehr trocken bis nass eingestuft werden.

We = Tiefe des effektiven Wurzelraums

aus eBOD: Kartensteuerung → Themenkarten → BFW → Bodeneigenschaften → Gründigkeit

Die Tiefe des effektiven Wurzelraums kann über das Dropdown-Menü in drei Kategorien von seichtgründig bis tiefgründig eingestuft werden.

Nach Ermittlung der Bodenmerkmale erfolgt die Auswahl der Bodengruppe gemäß Tabelle 3. Sind die Merkmale eindeutig zuordenbar, wird ein automatischer Vorschlag angezeigt. Das Ergebnis ist auf Plausibilität zu prüfen und kann in das Feld „Wahl der Bodengruppe“ übertragen werden. Bei der Anzeige „nicht zuordenbar“ ist keine eindeutige Zuordnung möglich, die passende Bodengruppe ist anhand der vorliegenden Werte fachlich zu beurteilen und festzulegen.

Tabelle 3: Gruppierung von Böden (nach Meßer, 2014, zit. n. DWA, 2022, S. 40)

Gruppe	Bezeichnung	Bodentyp (Beispiele)	Merkmale
1	Leichte Sandböden und flachgründige skelettreiche Böden	Podsol, Regosol	nFK: sehr gering und gering, < 13 % Wpfl: < 5 cm – 9 cm We: 50-80 cm
2	Sandig-tonige Lehm Böden, lehmiger Ton, Hochmoor aus schwach zersetztem Torf	Braunerde, Plaggenesch, Braunerde-Podsol	nFK: mittel, 13 % – 16 % Wpfl: 9 cm – 14 cm, We: 90 cm
3	Lehmiger Sand, schluffiger Sand und schluffiger Lehm, Niedermoor aus stark zersetztem Torf	Braunerde, Parabraunerde, Pseudogley-Braunerde, Kolluvium	nFK: hoch, 16 % – 20 % Wpfl: 14 cm – 20 cm, We: 110 cm
4	Tiefgründige Lössböden, sandig-lehmiger Schluff	Auenboden, Pseudogley	nFK: sehr hoch und extrem hoch, > 20 % Wpfl: > 20 cm mm, We: 110 cm
5	Oberflächennahe Staunäseböden, gering durchlässige Festgesteine	Pseudogley, Pelosol, Ranker	mittlere bis sehr starke Staunässe (3 bis 5) mit geringer nFK Wpfl: < 11 cm We: < 70 cm

Verhältniswert r

Mit den zuvor ermittelten Werten Grundwasserflurabstand, Geländegefälle, Landnutzungseinheit und Bodengruppe wird der Verhältniswert r des Direkt- und Gesamtabflusses aus Tabelle 4 abgelesen und in das entsprechende Feld eingetragen. Anschließend wird die Mittlere jährliche Grundwasserneubildung (GWN) berechnet und angezeigt (Abbildung 12).

Tabelle 4: Verhältniswert r des Direktabflusses am Gesamtabfluss (nach DWA-M 102-4, 2022b, S. 45)

Landnutzungseinheit		Grünland, Ackerland				Laubwald, Nadelwald			
Geländegefälle (%)		0-2	2-4	4-10	>10	0-2	2-4	4-10	>10
Bodengruppe gemäß Fehler! Verweis- quelle konnte nicht gefunden werden.	Grundwasser- flurabstand (m)	r	r	r	r	r	r	r	r
1 und 2	0 – 1	0,50	0,50	0,80	0,80	0,20	0,20	0,50	0,50
	> 1	0,00	0,15	0,40	0,65	0,00	0,05	0,35	0,45
3 und 4	0 – 1	0,50	0,60	0,80	1,00	0,30	0,45	0,55	0,95
	> 1	0,20	0,55	0,70	1,00	0,05	0,42	0,57	0,90
5	0 – 1	0,70	0,75	0,85	1,00	0,50	0,55	0,65	0,95
	> 1	0,65	0,70	0,80	1,00	0,40	0,45	0,60	0,90

WASSERBILANZ RECHNER

EINGANGSWERTE ÖSTERREICH

Projekt: *test*

Eingangswerte Österreich:

Mittlerer jährlicher Gebietsniederschlag	P =	aus eHAO:	600 mm/a
Mittlere jährliche aktuelle Gebietsverdunstung	ET _a =	✓ 7.1	490 mm/a
Mittlere jährliche potentielle Gebietsverdunstung	ET _p =	✓ Mittlere klimatische Wasserbilanz	640 mm/a
Mittlere jährliche Grundwasserneubildung	GWN =	Ermittlung von GWN	85 mm/a

Die ermittelten Eingangswerte für Österreich müssen anschließend auf der Startseite "Eingangswerte und Referenzwasserbilanz" eingetragen werden.

Ermittlung von GWN:

- Grundwasserflurabstand: > 1 m
- Geländegefälle: 2-4 %
- Landnutzungseinheit: Grünland, Ackerland
- Einordnung Bodengruppe
Merkmale Bodengruppen: nFK = gering (60-140mm) = 6-14%
Wpfl = sehr trocken - mäßig trocken (Gruppe 1-2)
We = leichtgründig = <30cm
automatischer Vorschlag: Bodengruppe 1 und 2
Wahl der Bodengruppe: Bodengruppe 1 und 2
- Verhältniswert r (siehe Tabelle): $r = 0,15$

Tabelle: Verhältniswert r :

Landnutzungseinheit	Grünland, Ackerland				Laubwald, Nadelwald			
Geländegefälle (%)	0-2	2-4	4-10	>10	0-2	2-4	4-10	>10
Bodengruppe gemäß Tabelle C.2								
1 und 2	0-1	0,50	0,50	0,80	0,20	0,20	0,50	0,50
	>1	0,00	0,15	0,40	0,05	0,05	0,35	0,45
3 und 4	0-1	0,50	0,60	0,80	1,00	0,30	0,45	0,55
	>1	0,20	0,55	0,70	1,00	0,05	0,42	0,57
5	0-1	0,70	0,75	0,85	1,00	0,50	0,55	0,65
	>1	0,65	0,70	0,80	1,00	0,40	0,45	0,60

Abbildung 12: Eingangswerte Österreich: berechneter Wert der Grundwasserneubildung

Die ermittelten Eingangswerte für Österreich müssen auf die Seite *Eingangswerte und Referenzwasserbilanz* (= ) übertragen werden. Zur Dokumentation der Ermittlung von GWN steht auf der Seite *Eingangswerte Österreich* eine Druckfunktion (= ) zur Verfügung.

Durch Klick auf die Schaltfläche **ERWEITERN +** am linken unteren Fensterrand vergrößert sich die Anzeige und es werden die Berechnungsschritte sowie die Inhalte der Dropdown-Listen eingeblendet. Durch Klick auf die Schaltfläche **MINIMIEREN -** wird dieser Bereich wieder ausgeblendet.

2.5 Eingabe der Flächenarten

Durch Klick auf das Icon  öffnet sich die Seite „Eingabe der Flächenarten“ für die Berechnung von zwei Wasserbilanzvarianten für den bebauten Zustand:

01 // Wasserbilanz ohne Maßnahmen

= Variante der Wasserbilanz ohne Möglichkeit der Planung von Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung

02 // Wasserbilanz mit Maßnahmen

= Variante der Wasserbilanz mit Möglichkeit der Planung von Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung

Für beide Varianten kann zwischen 14 Flächenarten unterschieden werden (Abbildung 13). Die Eingabe der Größe je Flächenart hat in m² zu erfolgen.

Eingabe der Flächenart:		Größe [m ²]
1	Steildach	0
2	Flachdach, glatt	0
3	Flachdach, rau	0
4	Flachdach, Kies	0
5	Asphalt, fugenloser Beton	0
6	Pflaster, dichte Fugen	0
7	Gründach, extensiv	0
8	Gründach, intensiv	0
9	Einstaudächer	0
10	Teildurchlässige Fugenbeläge (2-5% Fugenanteil)	0
11	Teildurchlässige Fugenbeläge (6-10% Fugenanteil)	0
12	Teildurchlässige Flächenbeläge	0
13	Rasengittersteine	0
14	Decksichten ohne Bindemittel	0
Summe befestigte Flächen =		0
Vegetation =		0
Gesamtfläche Bilanzierungsgebiet		0

Abbildung 13: Eingabe der Flächenart: Unterscheidung nach 14 Flächenarten

Nachdem die Flächenarten für die beiden Wasserbilanzvarianten definiert wurden (Abbildung 14), können die Flächen der Variante 02 zusätzlich einer Anlage zur Regenwasserbewirtschaftung zugeordnet werden. Durch Auswahl des Symbols direkt neben den Flächenarten oder durch Klick auf das Icon  wechselt die Bearbeitung zur Seite der Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung. Spätere Änderungen der Flächenarten können jederzeit durch wechseln auf die Seite „Eingabe der Flächenarten“ (= ) vorgenommen werden.

WASSERBILANZ RECHNER

EINGABE DER FLÄCHENTARTEN

01 // WASSERBILANZ OHNE MASSNAHMEN

Eingabe der Flächenart:

	Größe [m²]
1 Steildach	0
2 Flachdach, glatt	0
3 Flachdach, rau	0
4 Flachdach, Kies	200 000
5 Asphalt, fugenloser Beton	10 000
6 Pflaster, dichte Fugen	0
7 Gründach, extensiv	0
8 Gründach, intensiv	0
9 Einstaudächer	0
10 Teildurchlässige Fugenbeläge (2-5% Fugenanteil)	0
11 Teildurchlässige Fugenbeläge (6-10% Fugenanteil)	0
12 Teildurchlässige Flächenbeläge	0
13 Rasengittersteine	0
14 Decksichten ohne Bindemittel	200 000
Summe befestigte Flächen =	410 000
Vegetation =	700 000
Gesamtfläche Bilanzierungsgebiet	1 110 000

Parameter Gründächer:

Gründach, extensiv	Substratschicht (mm)	40	Begrünungsfaktor	1,0
Gründach, intensiv	Substratschicht (mm)	300	Begrünungsfaktor	1,3

ERWEITERN + MINIMIEREN -

02 // WASSERBILANZ MIT MASSNAHMEN

Eingabe der Flächenart:

	Größe [m²]
1 Steildach	0
2 Flachdach, glatt	0
3 Flachdach, rau	0
4 Flachdach, Kies	0
5 Asphalt, fugenloser Beton	10 000
6 Pflaster, dichte Fugen	0
7 Gründach, extensiv	0
8 Gründach, intensiv	200 000
9 Einstaudächer	0
10 Teildurchlässige Fugenbeläge (2-5% Fugenanteil)	0
11 Teildurchlässige Fugenbeläge (6-10% Fugenanteil)	0
12 Teildurchlässige Flächenbeläge	200 000
13 Rasengittersteine	0
14 Decksichten ohne Bindemittel	0
Summe befestigte Flächen =	410 000
Vegetation =	700 000
Gesamtfläche Bilanzierungsgebiet	1 110 000

Abbildung 14: Beispielhafte Eingabe der Flächenarten für Variante 01 und Variante 02, Schaltfläche zur Berücksichtigung von Anlagen der Regenwasserbewirtschaftung für Variante 02

Eine Kurzbeschreibung zur Eingabe der Flächenarten für die zwei Variantenberechnungen ist direkt auf der Seite „Eingabe der Flächenarten“ abrufbar (Abbildung 15). Ein entsprechender Hinweis , zusätzlich gekennzeichnet durch ein Fragezeichensymbol, fasst die wesentlichen Schritte zusammen.

Hier können 2 Varianten zum Vergleich von Wasserbilanzen mit Bebauung gegenübergestellt werden:

01 // Wasserbilanz ohne Maßnahmen

- Darstellung der Wasserbilanz, wenn keine Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung geplant werden
- befestigte Flächen können nach 14 Flächenarten unterschieden werden

02 // Wasserbilanz mit Maßnahmen

- Darstellung der Wasserbilanz, wenn gezielt Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung geplant werden
- diese Maßnahmen können beispielsweise sein:
 - Dachflächen begrünen statt bekieseln
 - Sickerfähigkeit von befestigten Flächen erhöhen
 - ...
- zusätzlich können diese Flächen auch Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung zugeordnet werden, um den Anteil des Abflusses weiter zu verringern

01 // WASSERBILANZ OHNE MASSNAHMEN

Eingabe der Flächenart:

	Größe [m²]
1 Steildach	0
2 Flachdach, glatt	0
3 Flachdach, rau	0
4 Flachdach, Kies	200 000
5 Asphalt, fugenloser Beton	10 000
6 Pflaster, dichte Fugen	0
7 Gründach, extensiv	0
8 Gründach, intensiv	0
9 Einstaudächer	0
10 Teildurchlässige Fugenbeläge (2-5% Fugenanteil)	0
11 Teildurchlässige Fugenbeläge (6-10% Fugenanteil)	0
12 Teildurchlässige Flächenbeläge	0
13 Rasengittersteine	0
14 Decksichten ohne Bindemittel	200 000
Summe befestigte Flächen =	410 000
Vegetation =	700 000
Gesamtfläche Bilanzierungsgebiet	1 110 000

02 // WASSERBILANZ MIT MASSNAHMEN

Eingabe der Flächenart:

	Größe [m²]
1 Steildach	0
2 Flachdach, glatt	0
3 Flachdach, rau	0
4 Flachdach, Kies	0
5 Asphalt, fugenloser Beton	10 000
6 Pflaster, dichte Fugen	0
7 Gründach, extensiv	0
8 Gründach, intensiv	200 000
9 Einstaudächer	0
10 Teildurchlässige Fugenbeläge (2-5% Fugenanteil)	0
11 Teildurchlässige Fugenbeläge (6-10% Fugenanteil)	0
12 Teildurchlässige Flächenbeläge	200 000
13 Rasengittersteine	0
14 Decksichten ohne Bindemittel	0
Summe befestigte Flächen =	410 000
Vegetation =	700 000
Gesamtfläche Bilanzierungsgebiet	1 110 000

Abbildung 15: Eingblendete Kurzbeschreibung zur Eingabe der Flächenarten

2.5.1 Parameter der Flächen

Soweit im Sinne des Merkblatts DWA-M 102-4 möglich, wurden Parameter für Flächen mit Standardwerten ausgefüllt. Für die Flächenarten Gründach extensiv und Gründach intensiv gibt es keine Standardwerte, die Parameter müssen projektspezifischen selbst festgelegt werden. Die Eingaben im Bereich „Parameter Gründächer“ (Abbildung 16) gelten für beide Wasserbilanzvarianten. Durch Einblenden der Hinweise ▼ werden die zulässigen Minimal- bzw. Maximalwerte sowie Ausfüllhilfen angezeigt.

Parameter Gründächer:				
Gründach, extensiv	Substratschicht [mm]	40	Begrünungsfaktor	1,0
Gründach, intensiv	Substratschicht [mm]	300	Begrünungsfaktor	1,3

Abbildung 16: Eingabe Parameter Gründächer mit eingblendeten Hinweisen zum Gültigkeitsbereich der Höhe der Substratschicht und Ausfüllhilfe zu Werten des Begrünungsfaktors

Durch Klick auf die Schaltfläche **ERWEITERN +** werden die vordefinierten Standardparameter eingeblendet. Die farbig hinterlegten Werte können projektspezifisch angepasst werden (Abbildung 17). In den Hinweisen ▼ sind Informationen zu Abkürzungen, Gültigkeitsbereichen und Standardwerten hinterlegt. Alle Änderungen der Parameter gelten für beide Wasserbilanzvarianten. Durch Klick auf die Schaltfläche **MINIMIEREN -** wird dieser Bereich wieder ausgeblendet.

Erweiterte Einstellungen für Flächen:									
Flächenart	Aufteilungswerte Flächen			Parameter Flächen					
	a_F	g_F	v_F	S_p [mm]	h_s [mm]	h_D [mm]	$WK_{max} - WP$	f_B	k_f [mm/h]
1 Steildach	0,000	0	0,000	0,3					
2 Flachdach, glatt	0,000	0	0,000	0,6					
3 Flachdach, rau	0,000	0	0,000	1					
4 Flachdach, Kies	0,720	0	0,280	2,5					
5 Asphalt, fugenloser Beton	0,720	0	0,280	2,5					
6 Pflaster, dichte Fugen	0,000	0	0,000	1,5					
7 Gründach, extensiv	0,000	0	0,000		40		0,5	1,0	
8 Gründach, intensiv	0,223	0	0,777		300		0,5	1,3	
9 Einstaudächer	0,000	0	0,000	5					
10 Teildurchlässige Fugenbeläge (2-5% Fugenanteil.)	0,000	0,000	0,000	1			0,15	4	18
Korrektur Bilanzierungsfehler:	0,000	0,000	0,000						
11 Teildurchlässige Fugenbeläge (6-10% Fugenanteil.)	0,000	0,000	0,000	1			0,15	8	36
Korrektur Bilanzierungsfehler:	0,000	0,000	0,000						
12 Teildurchlässige Flächenbeläge	0,002	0,538	0,458	3,5		100			180
Korrektur Bilanzierungsfehler:	0,002	0,539	0,459						
13 Rasengittersteine	0,000	0,000	0,000	1			0,15	25	
Korrektur Bilanzierungsfehler:	0,000	0,000	0,000						
14 Decksichten ohne Bindemittel	0,079	0,476	0,459	3,5		100			1,8
Korrektur Bilanzierungsfehler:	0,078	0,469	0,452						
	a_F	g_F	v_F	S_p [mm]	h_s [mm]	h_D [mm]	$WK_{max} - WP$	f_B	k_f [mm/h]

Abbildung 17: Ansicht zur Anpassung der Standardparameter der Flächenarten

2.5.2 Aufteilungswerte der Flächen

Die Aufteilungswerte der Flächen werden automatisch berechnet, und können durch Klick auf die Schaltfläche **ERWEITERN +** eingesehen werden.

In der Spalte „Aufteilungswerte Flächen“ (Abbildung 18) können die flächenspezifischen Anteile für Direktabfluss (a_F), Grundwasserneubildung (g_F) und Verdunstung (v_F) abgelesen werden. Die Aufteilungswerte werden nur für jene Flächenarten berechnet, für die auch eine Größe angegeben wurde. Ist das Feld „Größe [m²]“ nicht ausgefüllt, werden die drei Aufteilungswerte mit 0 ausgewiesen.

Erweiterte Einstellungen für Flächen:										
Flächenart	Aufteilungswerte Flächen			Parameter Flächen						
	a_F	g_F	v_F	Sp [mm]	h_s [mm]	h_D [mm]	$WK_{max} - WP$	f_B	f_{Fu} [%]	k_F [mm/h]
1 Steildach	0,000	0	0,000	0,3						
2 Flachdach, glatt	0,000	0	0,000	0,6						
3 Flachdach, rau	0,000	0	0,000	1						
4 Flachdach, Kies	0,720	0	0,280	2,5						
5 Asphalt, fugenloser Beton	0,720	0	0,280	2,5						
6 Pflaster, dichte Fugen	0,000	0	0,000	1,5						
7 Gründach, extensiv	0,000	0	0,000		40		0,5	1,0		
8 Gründach, intensiv	0,223	0	0,777		300		0,5	1,3		
9 Einstaudächer	0,000	0	0,000	5						
10 Teildurchlässige Fugenbeläge (2-5% Fugentiefe)	0,000	0,000	0,000	1			0,15		4	18

Abbildung 18: Spalte Aufteilungswerte

Bei Berechnungen, die gem. DWA-M 102-4 gegebenenfalls eine Korrektur von Bilanzierungsfehlern erfordern, können die Aufteilungswerte vor und nach Korrektur eingesehen werden. Zur weiteren Berechnung wird der korrigierte Aufteilungswert verwendet. Durch Klick auf die Schaltfläche **MINIMIEREN -** wird dieser Bereich wieder ausgeblendet.

Die Aufteilungswerte der Vegetation können gemäß DWA-M 102-4, Tabelle A.1, ohne gesonderten Nachweis aus dem unbebauten Zustand übernommen werden (DWA-M 102-4, 2022b, S. 22). Die in der erweiterten Ansicht der Flächen angezeigten „Aufteilungswerte Vegetation“ (Abbildung 19) entsprechen daher den Aufteilungswerten des Referenzzustands (00 // Referenzwasserbilanz).

13 Rasengittersteine	0,000	0,000	0,000	1			0,15		25	
Korrektur Bilanzierungsfehler:	0,000	0,000	0,000							
14 Decksichten ohne Bindemittel	0,079	0,476	0,459	3,5		100				1,8
Korrektur Bilanzierungsfehler:	0,078	0,469	0,452							
	a_F	g_F	v_F	Sp [mm]	h_s [mm]	h_D [mm]	$WK_{max} - WP$	f_B	f_{Fu} [%]	k_F [mm/h]
Flächenart	Aufteilungswerte Vegetation									
Vegetation	0,036	0,097	0,867							

Abbildung 19: Aufteilungswerte Vegetation

2.6 Eingabe der Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung

Die Flächen der Variante *02 // Wasserbilanz mit Maßnahmen* können Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung zugeordnet werden. Durch Auswahl der Schaltfläche direkt neben der Eingabe der Flächenarten oder durch Klick auf das Icon  wechselt die Bearbeitung zur Seite der Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung.

Es kann zwischen 12 Anlagen gewählt werden, die mit den Buchstaben A bis L gekennzeichnet sind (Abbildung 20). Zum Wechseln zwischen den verschiedenen Anlagen kann auf den jeweiligen Namen in der Übersicht geklickt werden.

Bei allen Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung sind die Schaltflächen  und  zum Ein- und Ausblenden von Zusatzinformation verfügbar.



Abbildung 20: Übersicht der 12 Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung, gekennzeichnet mit den Buchstaben A bis L

Die Zuordnung von Flächenarten zu Anlagen der Regenwasserbewirtschaftung beeinflusst den Anteil des Direktabflusses der jeweiligen Flächenart. Ohne Zuordnung wird dieser Anteil als vom Grundstück abgeleitet berücksichtigt. Alle Flächen der Variante *02 // Wasserbilanz mit Maßnahmen* sind deshalb standardmäßig erst der Anlage *A Ableitung* zugeordnet. Werden die Flächenarten anderen Anlagen zugewiesen, verringert sich die zugehörige Flächengröße der Ableitung entsprechend.

Eine Kurzbeschreibung der erforderlichen Schritte zur Berücksichtigung von Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung ist direkt auf der Seite der Anlage *A Ableitung* abrufbar. Ein entsprechender Hinweis , zusätzlich gekennzeichnet durch ein Fragezeichensymbol, fasst die wesentlichen Schritte zusammen (Abbildung 21).

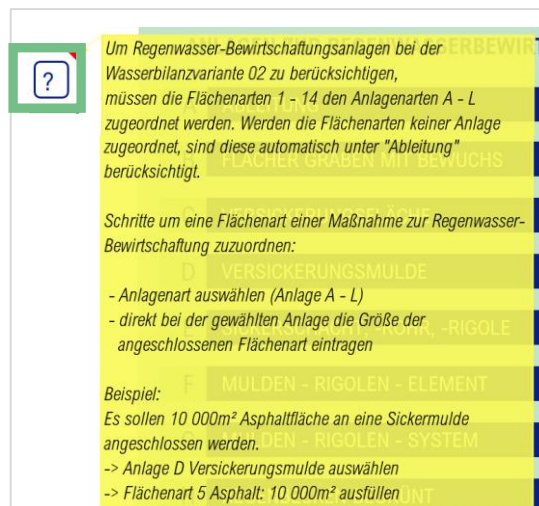


Abbildung 21: Eingebundene Kurzbeschreibung zur Berücksichtigung von Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung, Seite A *Ableitung*

Bei fehlerhafter Zuordnung der Flächenarten zu Anlagen wird die betreffende Fläche in der Übersicht der Anlage A *Ableitung* farbig hervorgehoben (Abbildung 22). Diese Übersicht ist nach Eingabe aller Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung abschließend zu überprüfen, gegebenenfalls sind Korrekturen vorzunehmen. Fehler in der Zuordnung können sein:

- Einer oder mehreren Anlagen wurde eine Flächenart zugewiesen, die gemäß der Eingabe der Flächenarten für Variante 02 im Projektgebiet nicht vorkommt (z. B. wurden Rasengittersteine zugewiesen, sind jedoch auf der Seite „Eingabe der Flächenarten“ nicht angegeben).
- Die Summe einer Flächenart, die den Anlagen zugeordnet wurde, übersteigt die im Projektgebiet vorhandene Größe dieser Flächenart (z. B. 10.000 m² Rasengittersteine im Projektgebiet, aber 15.000 m² den Anlagen zugewiesen).

A ABLEITUNG	
Summe angeschlossene befestigte Flächen: 360 000 m²	
Angeschlossene Befestigte Flächen	
Flächenart	Größe [m²]
1 Steildach	0
2 Flachdach, glatt	0
3 Flachdach, rau	0
4 Flachdach, Kies	-50 000
5 Asphalt, fugenloser Beton	10 000
6 Pflaster, dichte Fugen	0
7 Gründach, extensiv	0
8 Gründach, intensiv	200 000
9 Einstaudächer	0
10 Teildurchlässige Fugenbeläge (2-5% Fugen)	0
11 Teildurchlässige Fugenbeläge (6-10% Fugen)	0
12 Teildurchlässige Flächenbeläge	200 000
13 Rasengittersteine	0
14 Decksichten ohne Bindemittel	0

Abbildung 22: Fehlerhafte Zuordnung von Flächen zu Anlagen wird in der Übersicht der Anlage A *Ableitung* farblich hervorgehoben

Auf den Seiten der Anlagen B bis L wird als „Restfläche Ableitung“ die Summe der Flächen angezeigt, die derzeit noch der Anlage *A Ableitung* zugeordnet sind (Abbildung 23).

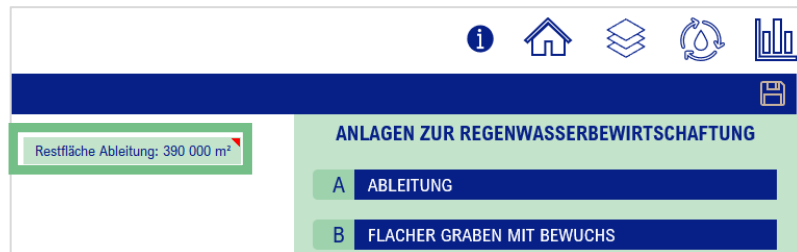


Abbildung 23: Angabe der „Restfläche Ableitung“ entspricht der Summe der Flächen, die noch keiner Anlage zur Regenwasserbewirtschaftung zugewiesen wurde

2.6.1 Parameter der Anlagen

Soweit im Sinne des Merkblatts DWA-M 102-4 möglich, wurden Parameter für Anlagen mit Standardwerten vorbelegt. Parameter für die keine Standardwerte verfügbar sind, müssen projektspezifisch selbst festgelegt werden. Diese Parameter sind auf der Seite der jeweiligen Anlage einzugeben (Abbildung 24). Betrifft die erforderliche Eingabe den k_f -Wert des Bodens, ist dieser in der Einheit mm/h anzugeben. Ein Einheitenrechner zur Umrechnung von m/s in mm/h steht neben dem Eingabefeld zur Verfügung. In den Hinweisen ▼ sind Informationen zu Abkürzungen, Gültigkeitsbereichen und dem Eingabeformat hinterlegt.

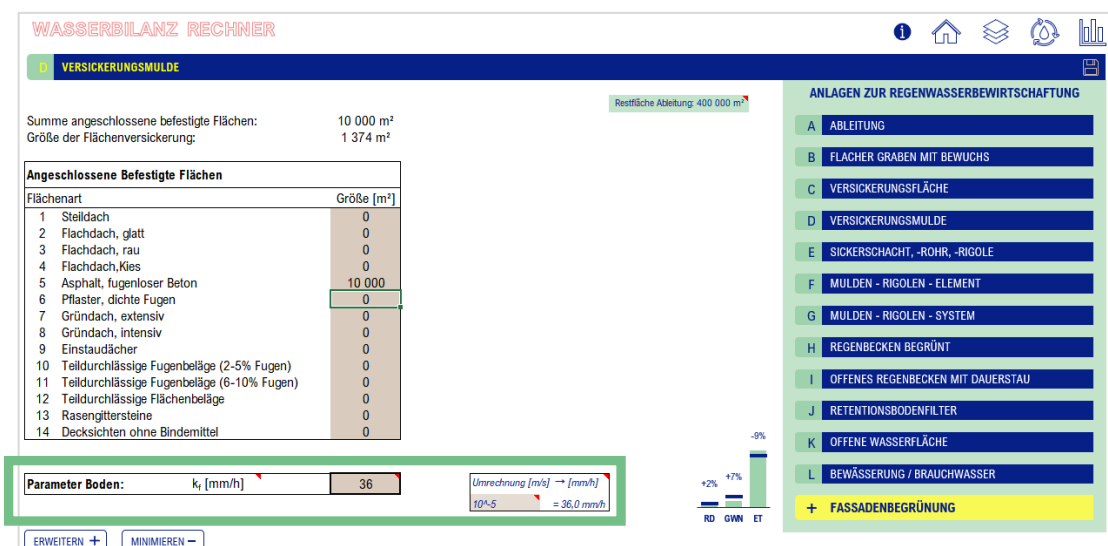


Abbildung 24: Projektspezifische Parameter und Einheitenrechner für den k_f -Wert des Bodens

Durch Klick auf die Schaltfläche **ERWEITERN +** werden die vordefinierten Standardparameter eingeblendet. Die farbig hinterlegten Werte können projektspezifisch angepasst werden (Abbildung 25). Durch Klick auf die Schaltfläche **MINIMIEREN -** wird dieser Bereich wieder ausgeblendet.

	Aufteilungswerte Anlage			Parameter Anlage	
	a_A	g_A	v_A	$f_{S,M} [\%]$	$k_f [\text{mm/h}]$
Versickerungsmulde	0,000	0,945	0,059	13,74	36
Korrektur Bilanzierungsfehler:	0,000	0,942	0,058		
Parameter Boden:	$k_f [\text{mm/h}]$	36			

Abbildung 25: Erweiterte Ansicht zur Änderung der Standardparameter der Anlagen

2.6.2 Aufteilungswerte der Anlagen

Die Aufteilungswerte der Anlagen werden automatisch berechnet und können durch Klick auf die Schaltfläche **ERWEITERN +** eingesehen werden.

In der Spalte „Aufteilungswerte Anlage“ (Abbildung 26) können die anlagenspezifischen Anteile für Direktabfluss (a_A), Grundwasserneubildung (g_A) und Verdunstung (v_A) abgelesen werden. Die Aufteilungswerte werden ausschließlich für jene Anlagen berechnet, für die eine Flächenangabe im Feld „Größe $[\text{m}^2]$ “ angegeben wurde. Andernfalls wird der Wert 0 ausgegeben.

Bei Berechnungen, die gemäß DWA-M 102-4 eine Korrektur von Bilanzierungsfehlern erfordern, können die Aufteilungswerte vor und nach Korrektur eingesehen werden. Für die weitere Berechnung wird der korrigierte Aufteilungswert verwendet. Durch Klick auf die Schaltfläche **MINIMIEREN -** wird dieser Bereich wieder ausgeblendet.

	Aufteilungswerte Anlage			Parameter Anlage	
	a_A	g_A	v_A	$f_{S,M} [\%]$	$k_f [\text{mm/h}]$
Versickerungsmulde	0,000	0,945	0,059	13,74	36
Korrektur Bilanzierungsfehler:	0,000	0,942	0,058		
Parameter Boden:	$k_f [\text{mm/h}]$	36			

Abbildung 26: Aufteilungswerte der Anlage mit und ohne Korrektur von Bilanzierungsfehlern

2.6.3 Fassadenbegrünung

Zusätzlich zu den 12 Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung besteht die Möglichkeit, Fassadenbegrünung (im Merkblatt DWA-M 102-4 als vertikale Bauwerksbegrünung bezeichnet) in der Variantenberechnung *02 // Wasserbilanz mit Maßnahmen* zu berücksichtigen. Die entsprechende Eingabemaske wird durch Klick auf die Schaltfläche *Fassadenbegrünung* am Ende der Übersicht der Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung aufgerufen (Abbildung 27). Die vereinfachte Berücksichtigung von Fassadenbegrünung ist bis zu einem Grenzwert von $ET_{p_{max}} = 640 \text{ mm/a}$ möglich.



Abbildung 27: Schaltfläche *Fassadenbegrünung*

Die Berücksichtigung von Fassadenbegrünung erhöht den Verdunstungsanteil im Projektgebiet. Die Fläche wird in m^2 eingegeben, das Ergebnis der zusätzlichen Verdunstung kann direkt nach der Eingabe abgelesen werden (Abbildung 28).

+ FASSADENBEGRÜNUNG	
Fläche Fassadenbegrünung:	10 000 m^2
Zusätzliche Verdunstung durch Fassadenbegrünung:	5 587,3 m^3/a

Abbildung 28: Eingabefeld Fassadenbegrünung und Ergebnis der zusätzlichen Verdunstungsleistung

Durch Klick auf die Schaltfläche **ERWEITERN +** wird eine Übersicht der einzelnen Berechnungsschritte geöffnet, die gemäß Anhang C des Merkblatts DWA-M 102-4 vordefiniert sind. Der Berechnung liegen die Annahmen zugrunde, dass die Fassadenbegrünung in Substrat ausgeführt und bewässert wird und kein Einfluss durch Grundwasser besteht.

Fassadenbegrünung erzeugt eine zusätzliche Verdunstungsleistung, bringt jedoch keinen zusätzlichen flächenbezogenen Niederschlag in die Bilanzrechnung ein. Eine Beeinflussung der Grundwasserneubildung wird ebenfalls nicht angenommen. Um die Wasserbilanz zu erfüllen, wird das zusätzliche Verdunstungsvolumen vom Direktabfluss abgezogen. Dieser Rechenweg kann auf der Seite *Eingangswerte und Referenzwasserbilanz* (= ) im Bereich **ERWEITERN +** eingesehen werden (Abbildung 29).

WASSERBILANZ RECHNER

EINGANGSWERTE UND REFERENZWASSERBILANZ

Projekt:

Eingangswerte: [Eingangswerte im H4D abrufen](#)

Mittlere korrigierte jährliche Niederschlagshöhe	P_{kor}	641 mm/a
Mittlere jährliche tatsächliche Verdunstungshöhe	ET_t	554 mm/a
Mittlere jährliche potentielle Verdunstungshöhe	ET_p	592 mm/a
Mittlere jährliche Abflusshöhe	R	85 mm/a
Mittlere jährliche Grundwasserneubildung	GWN	62 mm/a
Direktabfluss	R_0	23 mm/a
Gesamtgröße Bilanzierungsgebiet	A_{Bz}	1 110 000 m ²

Aufteilungswerte Referenzwasserbilanz ohne Korrektur:

Direktabfluss	a	0,0359
Grundwasserneubildung	q	0,0967
Verdunstung	v	0,8643
	Kontrollsumme	0,9969
	Korrekturfaktor	1,00313

Referenzwasserbilanz:

Direktabfluss	R_0	a	3,6%
Grundwasserneubildung	GWN	q	9,7%
Verdunstung	ET	v	86,7%

Umrechnung Gesamtvolumen
25 609,9 m³/a
69 035,4 m³/a
616 864,7 m³/a

Wasserbilanz OHNE Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung

Direktabfluss	R_0	a_r	17,3%	Abweichung	Umrechnung Gesamtvolumen
Grundwasserneubildung	GWN	q_r	14,6%	+14%	123 131,3 m ³ /a
Verdunstung	ET	v_r	68,1%	-18%	484 699,1 m ³ /a

Wasserbilanz MIT Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung

Direktabfluss	R_0	a	6,3%	Abweichung	Umrechnung Gesamtvolumen	Differenz aus Fassadenbegrünung	Gesamt inkl. Fassadenbegrünung	Abweichung
Direktabfluss	R_0	a	6,3%	+3%	45 001,3 m ³ /a	-5 587,3 m ³ /a	39 414,6 m ³ /a	+2%
Grundwasserneubildung	GWN	q	16,5%	+7%	117 676,3 m ³ /a		117 676,3 m ³ /a	+7%
Verdunstung	ET	v	77,1%	-10%	548 831,9 m ³ /a	5 587,3 m ³ /a	554 419,2 m ³ /a	-8%
					711 510,0 m ³ /a		711 510,0 m ³ /a	

Berücksichtigung von Fassadenbegrünung: zusätzliches Verdunstungsvolumen: 5 587,3 m³/a

ERWEITERN + **MINIMIEREN -**

Abbildung 29: Übersicht der Berechnungsschritte zur Berücksichtigung von Fassadenbegrünung, Seite „Eingangswerte und Referenzwasserbilanz“

2.7 Ergebnisbericht

Durch Klick auf das Icon  wird die Seite „Ergebnisbericht“ geöffnet, auf der die drei erstellten Wasserbilanzen gegenübergestellt werden. Die graphische Darstellung erfolgt als Balkendiagramm. Die Werte für Direktabfluss, Grundwasserneubildung und Verdunstung werden darunter als Absolutwerte in mm/a sowie als prozentualer Anteil ausgewiesen.

In den Diagrammen der Variantenberechnungen *01 // Wasserbilanz ohne Maßnahmen* und *02 // Wasserbilanz mit Maßnahmen* stellen die grünen Balken jeweils die *00 // Referenzwasserbilanz* dar. Die Abweichungen vom Referenzzustand werden als blaue Balken dargestellt und mit der Abweichung in Prozent beschriftet (Abbildung 30).

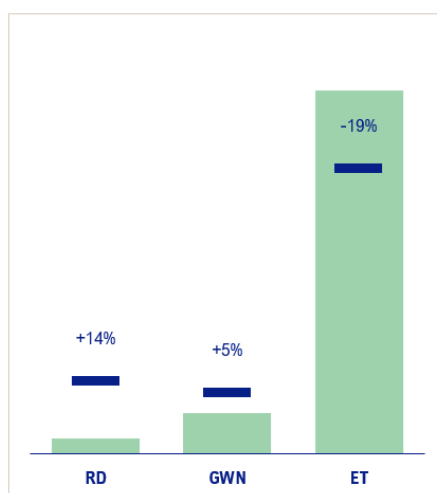
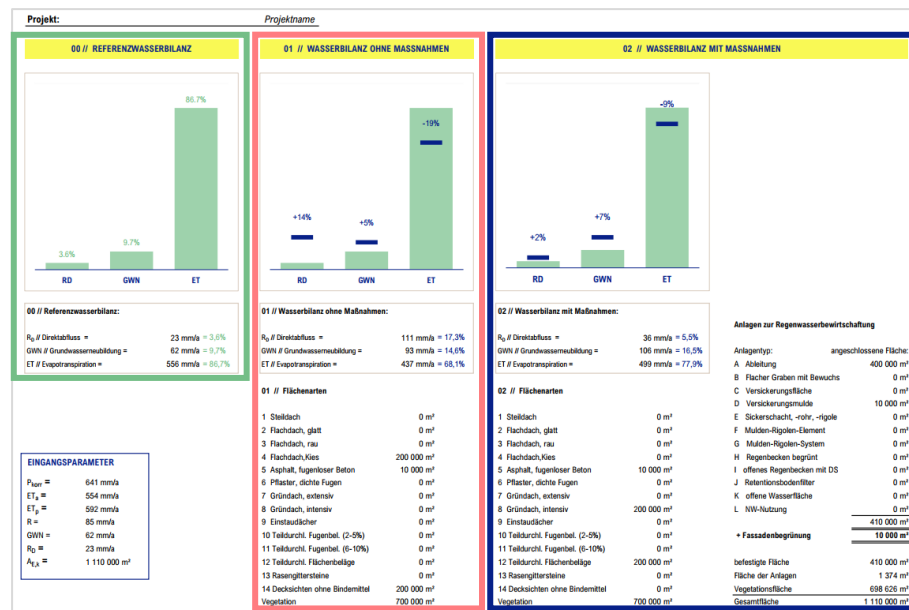


Abbildung 30: Seite „Ergebnisbericht“ - graphische Darstellung der Abweichung zum Referenzzustand

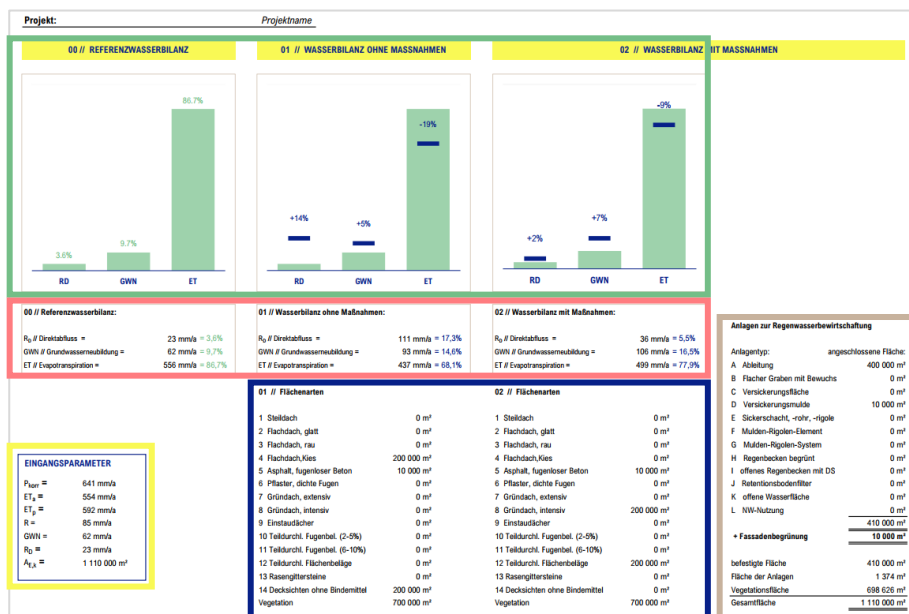
Zur Dokumentation steht eine Druckfunktion (= ) zur Verfügung, mit der ein dreiseitiger Ergebnisbericht erstellt werden kann. Auf Seite 1 können die drei Wasserbilanzen graphisch, als Absolutwerte in mm/a und als Aufteilungswerte in Prozent verglichen werden (Abbildung 31). Für die Variantenberechnungen *01 // Wasserbilanz ohne Maßnahmen* und *02 // Wasserbilanz mit Maßnahmen* wird jeweils eine Übersicht der gewählten Flächenarten sowie der gewählten Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung ausgegeben. Die Eingangsparameter werden ebenfalls zusammengefasst dargestellt (Abbildung 32).

Auf Seite 2 des Ergebnisberichts werden die Berechnungsparameter sowie die zugehörigen Aufteilungswerte, jeweils für Flächenarten und Anlagentypen, tabellarisch aufgelistet. Aufteilungswerte werden nur ausgewiesen, wenn die jeweilige Fläche oder Anlage im Projekt berücksichtigt wurde.



- 00 // Referenzwasserbilanz
- Ergebnis 01 // Wasserbilanz ohne Maßnahmen
- Ergebnis 02 // Wasserbilanz mit Maßnahmen

Abbildung 31: Ergebnisbericht Seite 1: Gegenüberstellung der 3 Wasserbilanzen



- Graphische Gegenüberstellung der Wasserbilanzen
- Gegenüberstellung der Wasserbilanzen in mm/a und Prozent
- Definierte Eingangsparameter
- Zusammenfassung: Eingaben Flächenarten 01 und 02
- Zusammenfassung: Zuordnung der Flächenarten 02 zu Anlagen der Regenwasserbewirtschaftung

Abbildung 32: Ergebnisbericht Seite 1: Aufbau und Inhalt

WASSERBILANZ RECHNER												
Ergebnisbericht // Übersicht der Berechnungsparameter							Aufteilungswerte					
Flächenart		Parameter Flächen					q_r	q_p	v_r			
1	Steildach	S_p [mm]	= 0,30				0,000	0,000	0,000			
2	Flachdach, glatt	S_p [mm]	= 0,60				0,000	0,000	0,000			
3	Flachdach, rau	S_p [mm]	= 1,00				0,000	0,000	0,000			
4	Flachdach/Kies	S_p [mm]	= 2,50				0,720	0,000	0,280			
5	Asphalt, fugenloser Beton	S_p [mm]	= 2,50				0,720	0,000	0,280			
6	Pflaster, dichte Fugen	S_p [mm]	= 1,50				0,000	0,000	0,000			
7	Gründach, extensiv	h_s [mm]	= 40,00	$WK_{\text{ext}} - WP$	= 0,50	i_s	= 1,00	0,000	0,000	0,000		
8	Gründach, intensiv	h_s [mm]	= 300,00	$WK_{\text{ext}} - WP$	= 0,50	i_s	= 1,30	0,223	0,000	0,777		
9	Einstaudächer	S_p [mm]	= 5,00				0,000	0,000	0,000			
10	Teildurchlässige Fugenbeläge (2-5% Fugenanteil)	S_p [mm]	= 1,00	$WK_{\text{ext}} - WP$	= 0,15	i_{tr} [%]	= 4,00	i_r [mm/h]	= 18,00	0,000	0,000	0,000
11	Teildurchlässige Fugenbeläge (6-10% Fugenanteil)	S_p [mm]	= 1,00	$WK_{\text{ext}} - WP$	= 0,15	i_{tr} [%]	= 8,00	i_r [mm/h]	= 36,00	0,000	0,000	0,000
12	Teildurchlässige Flächenbeläge	S_p [mm]	= 3,50	h_b [mm]	= 100,00	i_b [mm/h]	= 180,00			0,002	0,539	0,459
13	Rasengittersteine	S_p [mm]	= 1,00	$WK_{\text{ext}} - WP$	= 0,15	i_{tr} [%]	= 25,00			0,000	0,000	0,000
14	Deckschichten ohne Bindemittel	S_p [mm]	= 3,50	h_b [mm]	= 100,00	i_b [mm/h]	= 1,80			0,078	0,469	0,452

Anlagentyp	Parameter Anlagen					q_{tr}	q_{s}	v_{s}				
A	Ableitung						1,000	0,000	0,000			
B	Flacher Graben mit Bewuchs						0,000	0,000	0,000			
C	Versickerungsfläche	$i_{s,r}$ [%]	= 83,51	i_r [mm/h]	= 360,00		0,000	0,000	0,000			
D	Versickerungsmulde	$i_{s,m}$ [%]	= 13,74	i_r [mm/h]	= 36,00		0,000	0,942	0,058			
E	Sickerschicht, -rohr, -rigole						0,000	0,000	0,000			
F	Mulden-Rigolen-Element	$i_{s,m}$ [%]	= 14,00	i_r [mm/h]	= 3,60		0,000	0,000	0,000			
G	Mulden-Rigolen-System	$i_{s,r}$ [W/s*ha]	= 3,00	$i_{s,m}$ [%]	= 7,67	i_r [mm/h]	= 3,60		0,000	0,000	0,000	
H	Regenbecken begrünt						0,000	0,000	0,000			
I	offenes Regenbecken mit DS	A_{Rb} [m²]	= 0,00				0,000	0,000	0,000			
J	Retentionsbodenfilter						0,000	0,000	0,000			
K	offene Wasserfläche	A_{Rb} [m²]	= 0,00				0,000	0,000	0,000			
L	NW-Nutzung	Bewässerung	h_{bw} [mm/a]	= 0,00	i_{bw} [-]	= 2,00	h_{bw} [l/(m²*s)]	= 60,00	h_{bw} [mm/d]	= 0,00	0,000	0,000
		Betriebswasser	h_{bw} [mm]	= 0,00	h_{bw} [mm/a]	= 0,00	h_{bw} [mm]	= 0,00	h_{bw} [mm/a]	= 0,00	0,000	0,000

Abbildung 33: Ergebnisbericht Seite 2

Auf Seite 3 des Ergebnisberichts folgt eine detaillierte Aufstellung, welche Flächen in welchem Ausmaß den Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung der Variantenberechnung 02 // *Wasserbilanz mit Maßnahmen* zugeordnet wurden. Darüber hinaus steht ein Feld für Anmerkungen zur Verfügung, in dem projektbezogene Notizen zu den Varianten oder zu gewählten Parametern ergänzt werden können.

WASSERBILANZ RECHNER													
Ergebnisbericht // Übersicht der Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung: Flächenzuordnung aus Variante 02													
zugeordnete Flächenart ↓	Anlagentyp →	A Ableitung	B Flacher Graben mit Bewuchs	C Versickerungs- fläche	D Versickerungs- mulde	E Sickerschicht, -rohr, -rigole	F Mulden- Rigolen-Element	G Mulden- Rigolen-System	H Regenbecken begrünt	I offenes Regen- becken mit DS	J Retentions- bodenfilter	K offene Wasserfläche	L NW-Nutzung Bewässerung Brauchwasser
1 Steildach													
2 Flachdach, glatt													
3 Flachdach, rau													
4 Flachdach, Kies													
5 Asphalt, fugenloser Beton					10 000 m²								
6 Pflaster, dichte Fugen													
7 Gründach, extensiv													
8 Gründach, intensiv		200 000 m²											
9 Einstaudächer													
10 Teilkurzh. Fugenbel. (2-5%)													
11 Teilkurzh. Fugenbel. (6-10%)													
12 Teilkurzh. Flächenbeläge		200 000 m²											
13 Rasengittersteine													
14 Deckschichten ohne Bindemittel													

Anmerkungen:

Abbildung 34: Ergebnisbericht Seite 3

2.8 Hinweise zur Anwendung

Zur optimierten Anwendung des Wasserbilanzrechners können bei der Wahl von Flächen und Anlagen einige Punkte berücksichtigt werden, sofern die Bedingungen vor Ort diesen Spielraum zulassen. Die folgenden Hinweise unterstützen dabei, geeignete Flächen und Anlagen zur Erreichung der Zielvorgabe in Form der Referenzwasserbilanz auszuwählen.

Um die Effizienz einer Flächenmaßnahme einzuschätzen, empfiehlt sich eine genaue Betrachtung der berechneten Aufteilungswerte. Hierzu können die Aufteilungswerte in der erweiterten Ansicht auf der Seite „Eingabe der Flächenarten“ eingesehen werden, siehe Kapitel 2.5.2. Die Aufteilungswerte summieren sich jeweils zu 1 und lassen sich somit unmittelbar als prozentuale Anteile interpretieren. Ein Aufteilungswert für den Abfluss von einer Fläche von $a_F = 0,72$ entspricht beispielsweise einem entstehenden Direktabflussanteil von 72 %. Sind große Flächenanteile mit einem hohen Abflussanteil a_F im Projektgebiet vorhanden, kann eine Zuordnung zu Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung eine entsprechend positive Beeinflussung der Wasserbilanz bewirken. Dasselbe Prinzip gilt auch bei Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung. Anhand der entstehenden Aufteilungswerte kann eine rasche Einschätzung der Effizienz der Maßnahme erfolgen, siehe Kapitel 2.6.2.

02 // WASSERBILANZ MIT MASSNAHMEN				
Eingabe der Flächenart:		resultierende Wasserhaushaltsgrößen		
		Abfluss	Grundwasser	Verdunstung
	Größe [m²]	[m³/a]	[m³/a]	[m³/a]
1	Steildach	0	0,00	0,00
2	Flachdach, glatt	0	0,00	0,00
3	Flachdach, rau	0	0,00	0,00
4	Flachdach, Kies	0	0,00	0,00
5	Asphalt, fugenloser Beton	10 000	4615,79	1794,21
6	Pflaster, dichte Fugen	0	0,00	0,00
7	Gründach, extensiv	0	0,00	0,00
8	Gründach, intensiv	200 000	28584,70	99615,30
9	Einstaudächer	0	0,00	0,00
10	Teildurchlässige Fugenbeläge (2-5% Fugenanteil)	0	0,00	0,00
11	Teildurchlässige Fugenbeläge (6-10% Fugenanteil)	0	0,00	0,00
12	Teildurchlässige Flächenbeläge	200 000	298,46	58851,57
13	Rasengittersteine	0	0,00	0,00
14	Decksichten ohne Bindemittel	0	0,00	0,00
Summe befestigte Flächen =		410 000		
Vegetation =		700 000		
Gesamtfläche Bilanzierungsgebiet		1 110 000		
		49649,34	112585,80	549274,86
resultierende Wasserbilanz 02 //		Abfluss	GWN	Verdunstung
resultierende Aufteilungswerte 02 // ohne RW-Bewirtschaftungsanlagen		45 mm/a	101 mm/a	495 mm/a
		6,98%	15,82%	77,20%

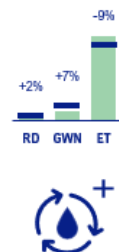


Abbildung 35: Erweiterte Ansicht der Seite „Eingabe der Flächenarten“ mit resultierenden Wasserhaushaltsgrößen in m³/a, graphischer Ergebnisschau und resultierenden Aufteilungswerten der Variante 02 ohne Berücksichtigung der Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung

In der erweiterten Ansicht der Seite „Eingabe der Flächenarten“ können die resultierenden Wasserhaushaltsgrößen zusätzlich als Absolutwerte in m^3/a eingesehen werden. Bei hohen Abflusswerten ist folglich eine Zuordnung zu einer Anlage der Regenwasserbewirtschaftung besonders effektiv. Durch die graphische Vorschau der Wasserbilanz neben der Flächeneingabe und auf den Seiten der Anlagen ist die Beeinflussung des Ergebnisses direkt ablesbar. Zusätzlich ist das Zwischenergebnis der Variante 02 ohne Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung ersichtlich (Abbildung 35).

Durch die Berücksichtigung des Zwischenergebnisses in Kombination mit der Einsicht in die entstehenden Aufteilungswerte können Anlagen zielgerichtet zugeordnet werden.

Zusammenfassend empfiehlt sich in einem ersten Schritt eine Prüfung, bei welchen Flächen ein hoher Abflusswert entsteht, um im nächsten Schritt zu entscheiden, ob eine Umplanung der Flächenart möglich und die Zuweisung einer Anlage zielführend ist.

Hingewiesen wird an dieser Stelle auch auf Tabelle 1 und Tabelle 2 in Kapitel 1.2, in denen der Einfluss einer Variation der Parameter von Flächen und Anlagen innerhalb ihrer Gültigkeitsbereiche untersucht wurde. Aus den Ergebnissen lässt sich direkt auf die Beeinflussung der entstehenden Aufteilungswerte schließen.

Literaturverzeichnis

- Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) (2003f)** *Hydrologischer Atlas von Deutschland – Kartendienst*. Verfügbar unter: <https://geoportal.bafg.de/mapapps/resources/apps/HAD/index.html> [Zugriff: 11. Juli 2026].
- Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW) (2023)** *eBOD – Digitale Bodenkarte Österreichs*. Verfügbar unter: <https://bodenkarte.at> [Zugriff: 22. Februar 2026].
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Klima- und Umweltschutz, Regionen und Wasserwirtschaft (BMLUK) (2003-2007)** *Elektronischer Hydrologischer Atlas Österreichs (eHAO)*. Verfügbar unter: <https://ehao.boku.ac.at> [Zugriff: 11. Juli 2026]
- Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (2021)** *Auf dem Weg zur wassersensiblen Stadtentwicklung: Erfordernisse aus Sicht der Wasserwirtschaft*. Positionspapier. Berlin: LAWA.
- DWA-M 102-4 (2022)** *Anwendungsbeispiele zu Merkblatt DWA-M 102-4: Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 4: Wasserhaushaltsbilanz für die Bewirtschaftung des Niederschlagswassers*. 1. Auflage. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA).
- Geiger, W., Dreiseitl, H. und Stemplewski, J. (2009)** *Neue Wege für das Regenwasser: Handbuch zum Rückhalt und zur Versickerung von Regenwasser in Baugebieten*. 3. Auflage. München: Oldenbourg Industrieverlag.
- Lukac, S. (2026)** *Entwicklung einer Anwendung zur Aufstellung von Wasserbilanzen im urbanen Bereich*. Diplomarbeit. Leipzig: HTWK Leipzig - Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur, Fakultät Bauwesen.