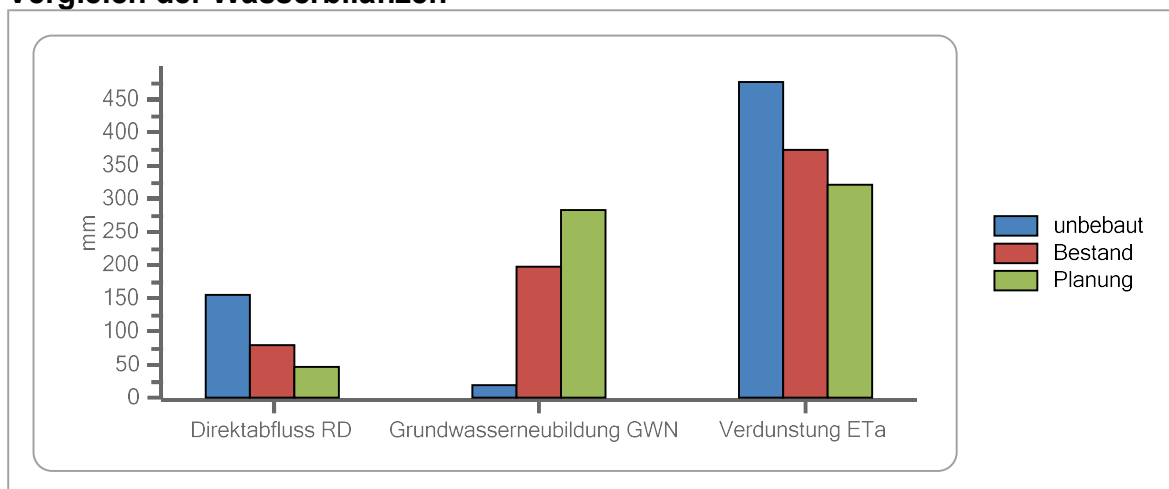


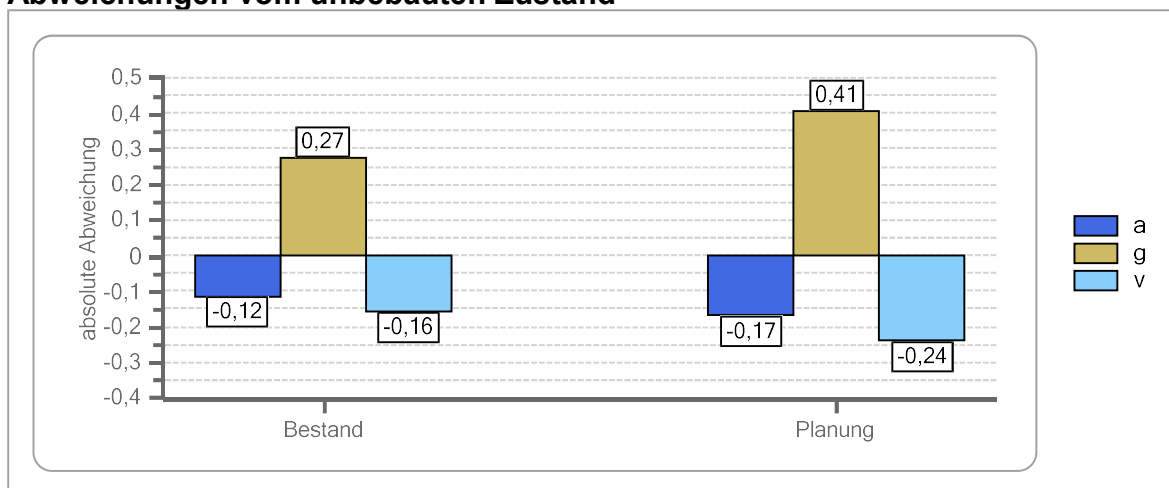
Zusammenfassung der Ergebnisse

Variante	Wasserbilanz			Aufteilungsfaktor			Abweichung		
	RD	GWN	ETa	a	g	v	a	g	v
	(mm)			(-)			(-)		
unbebaut	155	19	476	0,238	0,029	0,732			
Bestand	79	197	373	0,122	0,303	0,575	-0,116	0,274	-0,158
Planung	46	283	321	0,071	0,435	0,494	-0,167	0,406	-0,239

Vergleich der Wasserbilanzen



Abweichungen vom unbebauten Zustand



Ergebnisse der Varianten**Ergebnisse Variante Bestand**

Typ	Name	Element Typ	Größe (m²)	a	g	v	Zufluss (m³)	RD (m³)	GWN (m³)	ETa (m³)	Ziel
Fläche	Waldfläche	Garten, Grünflächen	7.765	0,10	0,30	0,60	5.047	505	1.514	3.028	Ableitung
Fläche	Teich	Teich	470	0,00	0,00	1,00	306	0	0	306	Ableitung
Fläche	Betonfläche	Asphalt, fugenloser Beton	180	0,71	0,00	0,29	117	83	0	34	Ableitung
Fläche	Schotterweg	teildurchlässige Flächenbeläge (Fugenanteil 2% bis 5%)	2.325	0,48	0,32	0,20	1.511	720	486	306	Ableitung
Fläche	Schotterhaufen	teildurchlässige Flächenbeläge (Fugenanteil 6% bis 10%)	1.458	0,20	0,58	0,21	948	193	554	201	Ableitung
Fläche	Pflaster	Pflaster mit dichten Fugen	249	0,76	0,00	0,24	162	124	0	38	Ableitung
Fläche	Grünfläche	Garten, Grünflächen	44.484	0,10	0,30	0,60	28.915	2.891	8.674	17.349	Ableitung

Ergebnisse Variante Planung

Typ	Name	Element Typ	Größe (m²)	a	g	v	Zufluss (m³)	RD (m³)	GWN (m³)	ETa (m³)	Ziel
Fläche	Straße in Mulde	Asphalt, fugenloser Beton	1.962	0,71	0,00	0,29	1.275	907	0	368	Mulde öffentlich
Maßnahme	Mulde öffentlich	Versickerungsmulde	170	0,00	0,95	0,05	1.018	1	963	54	Ableitung
Fläche	Straße in Kanal	Asphalt, fugenloser Beton	2.390	0,71	0,00	0,29	1.554	1.105	0	448	Ableitung
Fläche	Verkehrsfläche bes. Zweckbestimmung	teildurchlässige Flächenbeläge (Fugenanteil 2% bis 5%)	739	0,48	0,32	0,20	480	229	154	97	Grünfläche öffentlich 1.0
Fläche	Fußweg	teildurchlässige Beläge (Porensteine, Sickersteine)	720	0,00	0,51	0,49	468	1	237	230	Grünfläche öffentlich 1.0
Fläche	Versorgungsfläche	Pflaster mit dichten Fugen	471	0,76	0,00	0,24	306	234	0	72	Grünfläche öffentlich 1.0
Maßnahme	Grünfläche öffentlich 1.0	Versickerungsfläche	698	0,00	0,79	0,21	917	0	728	190	Ableitung
Fläche	Grünfläche öffentlich 2.0	Garten, Grünflächen	9.662	0,10	0,30	0,60	6.280	628	1.884	3.768	Ableitung

Typ	Name	Element Typ	Größe (m²)	a	g	v	Zufluss (m³)	RD (m³)	GWN (m³)	ETa (m³)	Ziel
Fläche	Gründächer GE1-GE3	Gründach mit Extensivbegrünung	7.101	0,41	0,00	0,59	4.616	1.888	0	2.727	Mulde GE1-GE3
Fläche	Pflasterfläche GE1-GE3	teildurchlässige Flächenbeläge (Fugenanteil 6% bis 10%)	2.663	0,20	0,58	0,21	1.731	352	1.011	367	Mulde GE1-GE3
Fläche	Befestigte Fläche GE1-GE3	Pflaster mit dichten Fugen	1.775	0,76	0,00	0,24	1.154	881	0	273	Mulde GE1-GE3
Maßnahme	Mulde GE1-GE3	Versickerungsmulde	355	0,01	0,96	0,04	3.352	17	3.217	118	Ableitung
Fläche	Grünfläche GE1-GE3	Garten, Grünflächen	5.859	0,10	0,30	0,60	3.808	381	1.143	2.285	Ableitung
Fläche	Gründächer MU	Gründach mit Extensivbegrünung	8.946	0,41	0,00	0,59	5.815	2.379	0	3.436	Mulde MU
Fläche	Pflasterfläche MU	teildurchlässige Flächenbeläge (Fugenanteil 6% bis 10%)	3.355	0,20	0,58	0,21	2.181	444	1.274	462	Mulde MU
Fläche	Befestigte Fläche MU	Pflaster mit dichten Fugen	2.237	0,76	0,00	0,24	1.454	1.110	0	344	Mulde MU
Maßnahme	Mulde MU	Versickerungsmulde	447	0,01	0,96	0,04	4.223	21	4.054	148	Ableitung
Fläche	Grünfläche MU	Garten, Grünflächen	7.381	0,10	0,30	0,60	4.798	480	1.439	2.879	Ableitung

Parameter der Varianten**Parameterwerte Bestand**

Name	Parameter	Wert	Min	Max	empf. Wert
Waldfläche	a	0,1	0	1	NaN
	g	0,3	0	1	NaN
	v	0,6	0	1	NaN
Betonfläche	Speicherhöhe	2,5	0,6	3	NaN
Schotterweg	Speicher (mm)	1	0,1	2	NaN
	Fugenanteil (%)	4	2	6	NaN
	WK_max-WP (-)	0,15	0,1	0,2	NaN
	kf-Wert (mm/h)	18	6	100	NaN
Schotterhaufen	Speicher (mm)	1	0,1	2	NaN
	Fugenanteil (%)	8	6	10	NaN
	WK_max-WP (-)	0,15	0,1	0,2	NaN
	kf-Wert (mm/h)	36	6	100	NaN
Pflaster	Speicherhöhe	1,5	0,6	3	NaN
Grünfläche	a	0,1	0	1	NaN
	g	0,3	0	1	NaN
	v	0,6	0	1	NaN

Parameterwerte Planung

Name	Parameter	Wert	Min	Max	empf. Wert
Straße in Mulde	Speicherhöhe	2,5	0,6	3	NaN
Mulde öffentlich	kf-Wert (mm/h)	144	14	3600	NaN
Straße in Kanal	Speicherhöhe	2,5	0,6	3	NaN
Verkehrsfläche bes. Zweckbestimmung	Speicher (mm)	1	0,1	2	NaN
	Fugenanteil (%)	4	2	6	NaN
	WK_max-WP (-)	0,15	0,1	0,2	NaN
	kf-Wert (mm/h)	18	6	100	NaN
Fußweg	Speicher (mm)	3,5	2,5	4,2	NaN
	Aufbaustärke (mm)	100	50	100	NaN
	kf-Wert (mm/h)	180	10	180	NaN
Versorgungsfläche	Speicherhöhe	1,5	0,6	3	NaN
Grünfläche öffentlich 1.0	kf-Wert (mm/h)	325	325	1100	NaN
Grünfläche öffentlich 2.0	a	0,1	0	1	NaN
	g	0,3	0	1	NaN
	v	0,6	0	1	NaN
Gründächer GE1-GE3	WK_max-WP (-)	0,5	0,35	0,65	NaN
	Aufbaustärke (mm)	100	40	200	NaN
	kf-Wert (mm/h)	70	18	100	NaN
Pflasterfläche GE1-GE3	Speicher (mm)	1	0,1	2	NaN

Name	Parameter	Wert	Min	Max	empf. Wert
	Fugenanteil (%)	8	6	10	NaN
	WK_max-WP (-)	0,15	0,1	0,2	NaN
	kf-Wert (mm/h)	36	6	100	NaN
Befestigte Fläche GE1-GE3	Speicherhöhe	1,5	0,6	3	NaN
Mulde GE1-GE3	kf-Wert (mm/h)	144	14	3600	NaN
Grünfläche GE1-GE3	a	0,1	0	1	NaN
	g	0,3	0	1	NaN
	v	0,6	0	1	NaN
Gründächer MU	WK_max-WP (-)	0,5	0,35	0,65	NaN
	Aufbaustärke (mm)	100	40	200	NaN
	kf-Wert (mm/h)	70	18	100	NaN
Pflasterfläche MU	Speicher (mm)	1	0,1	2	NaN
	Fugenanteil (%)	8	6	10	NaN
	WK_max-WP (-)	0,15	0,1	0,2	NaN
	kf-Wert (mm/h)	36	6	100	NaN
Befestigte Fläche MU	Speicherhöhe	1,5	0,6	3	NaN
Mulde MU	kf-Wert (mm/h)	144	14	3600	NaN
Grünfläche MU	a	0,1	0	1	NaN
	g	0,3	0	1	NaN
	v	0,6	0	1	NaN

DWA-Regelwerk/BWK-Regelwerk

Merkblatt DWA-M 102-4/BWK-M 3-4

Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 4: Wasserhaushaltsbilanz für die Bewirtschaftung des Niederschlagswassers

März 2022

Zusatzdatei

Anwendungsbeispiele

Stand: Korrigierte Fassung März 2024

BWK
die Umweltingenieure



Herausgeberin und Vertrieb:

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft,
Abwasser und Abfall e. V. (DWA)
Theodor-Heuss-Allee 17
53773 Hennef, Deutschland
Tel.: 02242 872-333
Fax: 02242 872-100
E-Mail: info@dwa.de
Internet: www.dwa.de

Hennef, März 2024

Satz: Christiane Krieg, DWA

© DWA, 1. Auflage, Stand: korrigierte Fassung März 2024,
Hennef 2024

Herausgeber:

Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft,
Abfallwirtschaft und Kulturbau e. V. (BWK)
Salzstraße 1
21335 Lüneburg, Deutschland
Tel.: 04131 2063980
E-Mail: info@bwk-bund.de
Internet: www.bwk-bund.de

Vertrieb:

Fraunhofer IRB Verlag
Fraunhofer-Informationszentrum Raum
und Bau IRB
Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart, Deutschland
Tel.: 0711 970-2500
Fax.: 0711 970-2508
E-Mail: irb@irb.fraunhofer.de
Internet: www.baufachinformation.de

Lüneburg, März 2024

©BWK, 1. Auflage, Stand: korrigierte
Fassung März 2024, Lüneburg 2024

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Merkblatts darf vorbehaltlich der gesetzlich erlaubten Nutzungen ohne schriftliche Genehmigung der Herausgeberin in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Digitalisierung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen werden.

Bilder und Tabellen, die keine Quellenangaben aufweisen, sind im Rahmen der Merkblattblätterstellung als Gemeinschaftsergebnis von DWA-/BWK-Fachgremien zustande gekommen. Die Nutzungsrechte obliegen DWA/BWK.

Vorwort

Die folgenden Anwendungsbeispiele sollen in die Handhabung der Berechnungsansätze des Merkblatts DWA-M 102-4/BWK-M 3-4 einführen. Hinweise zu Planungsfragen werden hier nicht gegeben.

Ein Berechnungsgang wird anhand der Beispiele 1 bis 4 vorgeführt, deren Tabellenkalkulation in dieser oder ähnlicher Form selbst erstellt werden kann.

Änderungen

Gegenüber der Fassung der Zusatzdatei von März 2022 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Abschnitt 1 „Berechnungsgang“: Korrektur der Berechnungswerte in den Unterpunkten 2 bis 5;
- b) Abschnitt 2 „Rechenbeispiele“: Korrektur der Berechnungswerte in den Tabellen 3, 6, 9, 11 und 12.

Verfasserinnen und Verfasser

Die Anwendungsbeispiele wurden von der DWA-Arbeitsgruppe ES-2.1 „Systembezogene Anforderungen und Grundsätze“ im Auftrag des DWA-Hauptausschusses „Entwässerungssysteme“ (HA ES) im DWA-Fachausschuss ES-2 „Systembezogene Planung“ in Abstimmung mit der BWK-Arbeitsgruppe 2.3 „Anforderungen an Misch- und Niederschlagswasserleitungen unter Berücksichtigung örtlicher Verhältnisse“ erarbeitet.

Der DWA-Arbeitsgruppe ES-2.1 „Systembezogene Anforderungen und Grundsätze“ gehören folgende Mitglieder an:

SCHMITT, Theo G.	Prof. Dr.-Ing., Kaiserslautern (Sprecher)
BECK, Reinhard	Dipl.-Ing., Wuppertal
BECKER, Michael	Dipl.-Ing., Essen
BORCHARDT, Dietrich	Prof. Dr., Magdeburg
BÜRGEL, Bernd	Dipl.-Ing., Mettmann (bis April 2021)
DITTMER, Ulrich	Prof. Dr.-Ing., Kaiserslautern
FUCHS, Stephan	PD Dr.-Ing., Karlsruhe
HALLER, Bernd	Dipl.-Ing., Karlsruhe
JOSWIG, Kay	Dipl.-Ing., Berlin
MERTSCH, Viktor	RBm Dr.-Ing., Düsseldorf
PODRAZA, Petra	Dr. rer. nat., Essen
UHL, Mathias	Prof. Dr.-Ing., Münster
WEIß, Gebhard	Dr.-Ing., Bad Mergentheim (bis August 2019)
WELKER, Antje	Prof. Dr.-Ing. habil., Frankfurt

Als Gast hat mitgewirkt:

GERETSHAUSER, Guido	Bauass. Dipl.-Ing., Essen
---------------------	---------------------------

Dem DWA-Fachausschuss ES-2 „Systembezogene Planung“ gehören folgende Mitglieder an:

SCHMITT, Theo G.	Prof. Dr.-Ing., Kaiserslautern (Obmann)
GRÜNING, Helmut	Prof. Dr.-Ing., Steinfurt (stellv. Obmann)
ECKSTÄDT, Hartmut	Prof. Dr.-Ing. habil., Kritzmo
FUCHS, Lothar	Dr.-Ing., Hannover
GERETSHAUSER, Guido	Bauass. Dipl.-Ing., Essen
HAAS, Ulrich	Dipl.-Ing., Stuttgart
JEDLITSCHKA, Jens	MinR a. D. Dipl.-Ing., Wörthsee
KAUFMANN Alves, Inka	Prof. Dr.-Ing., Mainz
KRIEGER, Klaus	Dipl.-Ing., Hamburg
ROEDIGER, Markus	Dr.-Ing., Stuttgart

Projektbetreuer in der DWA-Bundesgeschäftsstelle:

BERGER, Christian	Dipl.-Ing., Hennef, Abteilung Wasser- und Abfallwirtschaft
-------------------	--

Inhalt

Vorwort	3
Verfasserinnen und Verfasser	4
Tabellenverzeichnis	5
1	Berechnungsgang	6
	1. Ermittlung der Grundlagendaten	6
	2. Berechnung der Aufteilungswerte a, g, v	6
	3. Berechnung der resultierenden Aufteilungswerte a, g, v	7
	4. Bilanzrechnung für ein Gebiet	7
	5. Vergleich mit Referenzwerten und Ergebnis	8
2	Rechenbeispiele	9
2.1	Beispiel 1 – Aufteilungswerte für Flächen	9
2.2	Beispiel 2 – Aufteilungswerte von Bewirtschaftungsanlagen	10
2.3	Beispiel 3 – Aufteilungswerte von Vegetationsflächen	11
2.4	Beispiel 4 – Aufteilungswerte eines Siedlungsgebiets	13

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Verweisquellen der Grundlagendaten	6
Tabelle 2:	Klimadaten zu Beispiel 1	9
Tabelle 3:	Aufteilungswerte der Flächen	9
Tabelle 4:	Klimadaten zu Beispiel 2	10
Tabelle 5:	Geländedaten zu Beispiel 2	10
Tabelle 6:	Aufteilungswerte der Anlagen	10
Tabelle 7:	Klimadaten zu Beispiel 3	11
Tabelle 8:	Geländedaten zu Beispiel 3	11
Tabelle 9:	Kennwerte der Landnutzungseinheiten	11
Tabelle 10:	Anteile der Landnutzungseinheiten an den Landnutzungsarten	11
Tabelle 11:	Kenn- und Aufteilungswerte der Vegetationsflächen	12
Tabelle 12:	Aufteilungswerte eines bestehenden oder geplanten Gebiets	13

1 Berechnungsgang

1. Ermittlung der Grundlagendaten

Das Bilanzgebiet wird räumlich klar abgegrenzt und die Grundlagendaten ermittelt. Dazu gehören die meteorologischen Daten, die Geländeeigenschaften sowie die Daten der befestigten Flächen. Gleichartige Flächentypen mit gleichen Bewirtschaftungsanlagen können zusammengefasst werden, sodass der Arbeitsaufwand gering bleibt. Die zweckmäßige räumliche Einheit ist ein Quartier mit ähnlichen Bebauungstypologien und Geländeeigenschaften. Die Berechnung für Einzelgrundstücke ist möglich, aber unnötig aufwendig. Notwendige Grundlagendaten sind:

Tabelle 1: Verweisquellen der Grundlagendaten

Parameter	Verweis Merkblatt DWA-M 102-4/BWK-M 102-4
Niederschlag P_{kor}	Unterabschnitt 5.2
Potenzielle Verdunstung ET_p	Unterabschnitt 5.2
Wasserbilanz für den unbebauten Zustand	Unterabschnitt 5.2
Durchlässigkeitsbeiwert	Anhänge A bis C
Daten Flächentypen	Anhänge A bis C

2. Berechnung der Aufteilungswerte a , g , v

Die Aufteilungswerte a , g und v der Flächen, der Bewirtschaftungsanlagen und der Vegetationsflächen werden mithilfe der Gleichungen in den Anhängen A, B und C berechnet, siehe 2.1 bis 2.3.

Beispielrechnung für ein Steildach (Gl. A.2)

$$\begin{aligned}
 a_F &= 0,9115 + 0,00007063 \cdot P - 0,000007498 \cdot ET_p - 0,2063 \cdot \ln(Sp + 1) \\
 &= 0,9115 + 0,00007063 \cdot 800 - 0,000007498 \cdot 550 - 0,2063 \cdot \ln(0,1 + 1) \\
 &= 0,944 \\
 g_F &= 0 \\
 v_F &= 1 - a_F \\
 &= 1 - 0,944 \\
 &= 0,056
 \end{aligned}$$

Beispielrechnung für eine Versickerungsmulde (Gl. B.3)

$$\begin{aligned}
 g_A &= 0,8608 + 0,02385 \cdot \ln P - 0,00005331 \cdot ET_p - 0,002827 \cdot f_{S,M} - 0,000002493 \cdot \\
 &\quad k_f + 0,0009514 \cdot \ln\left(\frac{k_f}{f_{S,M}}\right) \\
 &= 0,8608 + 0,02385 \cdot \ln 800 - 0,00005331 \cdot 550 - 0,002827 \cdot 13,7 - 0,000002493 \cdot 36 + 0,0009514 \cdot \ln\left(\frac{36}{13,7}\right) \\
 &= 0,953
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 v_A &= 0,000008562 \cdot ET_p + \frac{2,611}{-64,35 + P} \cdot f_{S,M}^{0,9425} - 0,000001211 \cdot k_f \\
 &= 0,000008562 \cdot 550 + \frac{2,611}{-64,35 + 800} \cdot 13,7^{0,9425} - 0,000001211 \cdot 36 \\
 &= 0,047 \\
 a_A &= 1 - g_A - v_A \\
 &= 1 - 0,953 - 0,047 \\
 &= 0,000
 \end{aligned}$$

3. Berechnung der resultierenden Aufteilungswerte a , g , v

Für die Flächen und ihre Bewirtschaftungsanlagen werden nun die resultierenden Aufteilungswerte berechnet, siehe 2.4 (Beispiel 4).

Beispielrechnung für die Einleitung des Abflusses der Steildächer in Versickerungsmulden (analog Beispiel 4, siehe 2.4)

$$\begin{aligned}
 a &= (0 + a_A \cdot (a_F \cdot A_{b,a} + 1 \cdot A_A)) / (A_{b,a} + A_A) \\
 &= (0 + 0,000 \cdot (0,944 \cdot 10.000 + 1 \cdot 1.294)) / (10.000 + 1.294) \\
 &= 0,00 \\
 g &= (g_F \cdot A_{b,a} + g_A \cdot (a_F \cdot A_{b,a} + 1 \cdot A_A)) / (A_{b,a} + A_A) \\
 &= (0 \cdot 10.000 + 0,953 \cdot (0,944 \cdot 10.000 + 1 \cdot 1.294)) / (10.000 + 1.294) \\
 &= 0,91 \\
 v &= (v_F \cdot A_{b,a} + v_A \cdot (a_F \cdot A_{b,a} + 1 \cdot A_A)) / (A_{b,a} + A_A) \\
 &= (0,056 \cdot 10.000 + 0,047 \cdot (0,944 \cdot 10.000 + 1 \cdot 1.294)) / (10.000 + 1.294) \\
 &= 0,09
 \end{aligned}$$

4. Bilanzrechnung für ein Gebiet

Die Aufteilungswerte des gesamten Gebiets werden als flächenanteilige Summe der Aufteilungswerte der befestigten Flächen mit ihren Bewirtschaftungsanlagen zuzüglich der Aufteilungswerte der Vegetationsflächen berechnet, siehe 2.4 (Beispiel 4).

Beispielrechnung für ein Siedlungsgebiet (analog Beispiel 4, siehe 2.4)

$$\begin{aligned}
 a &= \sum a_i \cdot (A_{b,a,i} + A_{A,i} + A_{Veg,i}) / \sum (A_{b,a,i} + A_{A,i} + A_{Veg,i}) \\
 &= (0,00 \cdot 11.294 + 0,49 \cdot 10.000 + 0,49 \cdot 1.800 + 0,00 \cdot 1.800 + 0,04 \cdot 6.660 + 0,06 \cdot 18.447) / 50.000 \\
 &= 0,14 \\
 g &= \sum g_i \cdot (A_{b,a,i} + A_{A,i} + A_{Veg,i}) / \sum (A_{b,a,i} + A_{A,i} + A_{Veg,i}) \\
 &= (0,91 \cdot 11.294 + 0,00 \cdot 10.000 + 0,00 \cdot 1.800 + 0,61 \cdot 1.800 + 0,78 \cdot 6.660 + 0,31 \cdot 18.447) / 50.000 \\
 &= 0,45
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 v &= \sum v_i \cdot (A_{b,a,i} + A_{A,i} + A_{veg,i}) / \sum (A_{b,a,i} + A_{A,i} + A_{veg,i}) \\
 &= (0,09 \cdot 11.294 + 0,51 \cdot 10.000 + 0,51 \cdot 1.800 + 0,39 \cdot 1.800 + 0,18 \cdot 6.660 + 0,62 \cdot 18.447) / 50.000 \\
 &= 0,41
 \end{aligned}$$

5. Vergleich mit Referenzwerten und Ergebnis

Die Aufteilungswerte des Gebiets werden dann mit den Referenzwerten verglichen und das Ergebnis bewertet. Bei Bedarf wird eine neue Planungsvariante entworfen und berechnet.

Beispielrechnung für ein Siedlungsgebiet (analog Beispiel 4, siehe 2.4)

- Wasserbilanz für den unbebauten Zustand $a = 0,05$; $g = 0,45$; $v = 0,50$
- Wasserbilanz für den bebauten Zustand $a = 0,14$; $g = 0,45$; $v = 0,41$
- Abweichung vom unbebauten Zustand

$$\Delta a = a_{\text{bebaut}} - a_{\text{unbebaut}} = 0,14 - 0,05 = 0,09$$

$$\Delta g = g_{\text{bebaut}} - g_{\text{unbebaut}} = 0,45 - 0,45 = 0,00$$

$$\Delta v = v_{\text{bebaut}} - v_{\text{unbebaut}} = 0,41 - 0,50 = -0,09$$

→ mögliche Optimierung: Minderung Abfluss, Erhöhung Grundwasserneubildung

2 Rechenbeispiele

2.1 Beispiel 1 – Aufteilungswerte für Flächen

Mit dem folgenden Tabellenblatt (Tabelle 3) können die Aufteilungswerte aller benötigten Flächen gemäß Anhang A in einer Tabellenkalkulation kompakt und übersichtlich berechnet werden. Die Aufteilungswerte stehen somit für die örtlichen Verhältnisse im zu bearbeitenden Gebiet zur Verfügung.

Tabelle 2: Klimadaten zu Beispiel 1

Parameter	Einheit	Wert
Niederschlag P_{kor}	mm/a	800
Potenzielle Verdunstung ET_p	mm/a	550

Tabelle 3: Aufteilungswerte der Flächen

Flächenart	Gl.	Aufteilungswerte ⁽¹⁾				Parameter ⁽²⁾						
		a_F	g_F	v_F	$v_F + g_F + a_F$	SP	h_s	h_D	$WK_{\text{max}} - WP$	f_B	f_{Fu}	k_f
		–	–	–		mm	mm	mm			%	mm/h
Steildächer	A.2	0,944	0,000	0,056		0,1						
Gründächer	A.4	0,491	0,000	0,509			100		0,5	1,2		
Asphalt	A.3	0,774	0,000	0,226		2						
Pflaster, dichte Fugen	A.3	0,803	0,000	0,197		1,5						
Sickersteine	A.8	0,003	0,609	0,387	0,998	3,5		100				180
korrigiert ⁽³⁾	A.8	0,003	0,610	0,387	1,000							
Wassergebundene Decke	A.9	0,087	0,541	0,387	1,015	3,5		100				1,8
korrigiert ⁽³⁾	A.9	0,085	0,533	0,382	1,000							
Teildurchlässige Flächenbeläge (f_{Fu} 2 % bis 5 %)	A.6	0,602	0,240	0,161	1,003	1			0,15		2	18
korrigiert ⁽³⁾	A.6	0,600	0,239	0,161	1,000							
Teildurchlässige Flächenbeläge (f_{Fu} 6 % bis 10 %)	A.7	0,215	0,629	0,174	1,018	1			0,15		8	36
korrigiert ⁽³⁾	A.7	0,211	0,618	0,171	1,000							
ANMERKUNGEN												
(1) Berechnung entsprechend den Gleichungen des Anhangs A;												
(2) gewählte Variablen für die Gleichungen des Anhangs A;												
(3) Ausgleich gemäß Anhang A.1.												

2.2 Beispiel 2 – Aufteilungswerte von Bewirtschaftungsanlagen

Für die in Frage kommenden Bewirtschaftungsanlagen können die Aufteilungswerte mit dem folgenden Tabellenblatt kompakt und übersichtlich mit den Gleichungen in Anhang B berechnet werden. Sie stehen somit für die weiteren Berechnungsschritte zur Verfügung.

Tabelle 4: Klimadaten zu Beispiel 2

Parameter	Einheit	Wert
Niederschlag P_{kor}	mm/a	800
Potenzielle Verdunstung ET_p	mm/a	550

Tabelle 5: Geländedaten zu Beispiel 2

Parameter	Einheit	Wert
Boden Versickerungsfläche	Mittelsand	
Durchlässigkeitsbeiwert k_f	m/s	$1 \cdot 10^{-4}$
	mm/h	360
Boden Versickerungsmulde	Feinsand	
Durchlässigkeitsbeiwert k_f	m/s	$1 \cdot 10^{-5}$
	mm/h	36
Boden Mulden-Rigolen-System	schluffiger Sand	
Durchlässigkeitsbeiwert k_f	m/s	$1 \cdot 10^{-6}$
	mm/h	3,6

Tabelle 6: Aufteilungswerte der Anlagen

Anlagenart	Gl.	Aufteilungswerte ⁽¹⁾				Parameter ⁽²⁾			
		a_A	g_A	v_A	$v_A + g_A + a_A$	q_{Dr}	$f_{S,F}$	$f_{S,M}$	k_f
		–	–	–		l/(s·ha)	%	%	mm/h
Versickerungsfläche	B.2	0,000	0,840	0,161	1,002		83,5		360
korrigiert ⁽³⁾	B.2	0,000	0,839	0,161	1,000				
Versickerungsmulde	B.3	0,000	0,953	0,047	1,000			13,7	36
korrigiert ⁽³⁾	B.3								
Mulden-Rigolen-System	B.5	0,044	0,941	0,026	1,012	3		7,7	3,6
korrigiert ⁽³⁾	B.5	0,043	0,931	0,026	1,000				
ANMERKUNGEN									
(1) Berechnung entsprechend den Gleichungen des Anhangs B.									
(2) gewählte Variablen für die Gleichungen des Anhangs B.									
(3) Ausgleich gemäß Anhang B.1.									

2.3 Beispiel 3 – Aufteilungswerte von Vegetationsflächen

Die Aufteilungswerte der Vegetationsflächen werden gemäß Anhang C berechnet. Der Berechnungsgang ist in Anhang C.2 erläutert.

Tabelle 7: Klimadaten zu Beispiel 3

Parameter	Einheit	Wert
Niederschlag P_{kor}	mm/a	800
Potenzielle Verdunstung ET_p	mm/a	550

aus Tabelle C.1: Gruppe 5

Tabelle 8: Geländedaten zu Beispiel 3

Parameter	Einheit	Wert
Grundwasserflurabstand	m	> 2
Geländeneigung	%	0 – 2
Boden	lehmgiger Sand	
Durchlässigkeitsbeiwert k_f	m/s	$5 \cdot 10^{-6}$
	mm/h	18

aus Tabelle C.2: Gruppe 3

Tabelle 9: Kennwerte der Landnutzungseinheiten

Kennwerte		Landnutzungseinheit				
		Vegetations-loser Boden	Grünland	Ackerland	Laubwald	Nadelwald
$e = ET_a / ET_p$	–	0,72	0,84	0,92	0,99	1,1
$r = R_D / R$	–		0,2	0,2	0,05	0,05

aus Tabelle C.3

aus Tabelle C.7

Tabelle 10: Anteile der Landnutzungseinheiten an den Landnutzungsarten

Landnutzungsart	Landnutzungseinheit				
	Vegetations-loser Boden	Grünland	Ackerland	Laubwald	Nadelwald
Stadtgrün in dichter Bebauung	0 %	60 %	20 %	20 %	0 %
Industrie- und Gewerbefläche	0 %	65 %	0 %	35 %	0 %
Hausgärten	0 %	50 %	30 %	10 %	10 %
Straßenbegleitgrün	0 %	70 %	10 %	20 %	0 %
Städtische Grünflächen	0 %	30 %	20 %	40 %	10 %
aus Tabelle C.5					

Tabelle 11: Kenn- und Aufteilungswerte der Vegetationsflächen

Landnutzungs- art	Kennwerte					Aufteilungswerte ^[3]			
	$e = ET_a / ET_p^{(1)}$	$r = R_D / R^{(2)}$	f_L	f_W	ET_p / P_{korrr}	a_F	g_F	v_F	$a_F + g_F + v_F$
	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Stadtgrün in dichter Bebau- ung	0,89	0,17	1	1	0,688	0,066	0,324	0,609	1,000
Industrie- und Gewerbefläche	0,89	0,15	1	1	0,688	0,057	0,329	0,614	1,000
Hausgärten, allgemein	0,91	0,17	1	1	0,688	0,064	0,314	0,622	1,000
Hausgärten, Südlage, bewässert	0,91	0,17	1,3	1,1	0,688	0,064	0,314	0,890	1,268
Straßen- begleitgrün	0,88	0,17	1	1	0,688	0,067	0,329	0,604	1,000
Städtische Grünflächen	0,94	0,13	1	1	0,688	0,044	0,308	0,648	1,000
			aus Tabelle C.6						
ANMERKUNGEN									
(1) anteilsgemäße Summe der e-Werte der Landnutzungseinheiten, z. B. für Stadtgrün in dichter Bebauung: 0 % · 0,72 + 60 % · 0,84 + 20 % · 0,92 + 20 % · 0,99 + 0 % · 1,1;									
(2) anteilsgemäße Summe der r-Werte der Landnutzungseinheiten;									
(3) Ausgleich gemäß Anhang A.1.									

2.4 Beispiel 4 – Aufteilungswerte eines Siedlungsgebiets

Die Aufteilungswerte eines bestehenden oder geplanten Gebiets können mit dem folgenden Tabellenblatt berechnet werden. Die befestigten Flächen mit ihren Aufteilungswerten (Beispiel 1, siehe 2.1) werden geeignete Bewirtschaftungsanlagen mit ihren Aufteilungswerten (Beispiel 2, siehe 2.2) zugeordnet und in eine Zeile der Tabelle eingetragen. Die Aufteilungswerte der Kombination von Fläche und Anlage berechnen sich anhand der unten angegebenen Formeln. Die Aufteilungswerte der Vegetationsflächen (Beispiel 3, siehe 2.3) werden im linken Tabellenteil eingefügt. Da keine Bewirtschaftungsanlage vorgesehen ist, gelten diese Aufteilungswerte auch in den Spaltsummen. Für die Größe der Vegetationsfläche gilt $A_{\text{Veg}} = A_{\text{nb}} - A_{\text{A}}$. Die Summe der Aufteilungswerte ist 1, wenn die Vegetationsflächen nicht bewässert werden, beziehungsweise keine Regenwassernutzung erfolgt.

Tabelle 12: Aufteilungswerte eines bestehenden oder geplanten Gebiets

Flächen				Bewirtschaftungsanlagen										Summen				
				Aufteilungswerte							Aufteilungswerte			Flächen	Aufteilungswerte ⁽²⁾			
Fläche	Flächentyp	$A_{b,a}$	Gl.	a_F	g_F	v_F	Anlagentyp	$f_{s,M}$	$A_A^{(1)}$	Gl.	a_A	g_A	v_A	$A_{b,a} + A_A + A_{\text{Veg}}$	a	g	v	$a + g + v$
		m ²		–	–	–			m ²		–	–	–	m ²	–	–	–	–
Wohngebäude	Steildach	10.000	A.2	0,944	0,000	0,056	Versickerungsmulde	13,7 %	1.294	B.3	0,000	0,953	0,047	11.294	0,00	0,91	0,09	1,00
Wohngebäude	Gründach	10.000	A.4	0,491	0,000	0,509	Ableitung	0,0 %	0		1,000	0,000	0,000	10.000	0,49	0,00	0,51	1,00
Carports	Gründach	1.800	A.4	0,491	0,000	0,509	Ableitung	0,0 %	0		1,000	0,000	0,000	1.800	0,49	0,00	0,51	1,00
Private Stellplätze	Sickersteine	1.800	A.8	0,003	0,608	0,389	Ableitung	0,0 %	0		1,000	0,000	0,000	1.800	0,00	0,61	0,39	1,00
Wege, Terrassen	Pflaster, dichte Fugen	6.000	A.3	0,803	0,000	0,197	Versickerungsmulde	13,7 %	660	B.3	0,043	0,953	0,004	6.660	0,04	0,78	0,18	1,00
Privatgärten	Hausgarten	18.376		0,064	0,314	0,622			0					18.447	0,06	0,31	0,62	1,00
Bilanzgebiet	befestigte und nicht befestigte Fläche													50.000	0,14	0,45	0,41	1,00

Anwendungsbeispiele zu Merkblatt DWA-M 102-4/BWK-M 3-4

Tabelle 12 (Ende)

Flächen							Bewirtschaftungsanlagen							Summen				
				Aufteilungswerte							Aufteilungswerte			Flächen	Aufteilungswerte ^[2]			
Fläche	Flächentyp	$A_{b,a}$	Gl.	a_F	g_F	v_F	Anlagentyp	$f_{S,M}$	$A_A^{(1)}$	Gl.	a_A	g_A	v_A	$A_{b,a} + A_A + A_{veg}$	a	g	v	$a + g + v$
		m ²		-	-	-			m ²		-	-	-	m ²	-	-	-	-
<p>ANMERKUNGEN</p> <p>(1) Die Flächen oberirdischer Anlagen werden berechnet zu $A_A = f_{S,M} \cdot A_{b,a}$;</p> <p>(2) Die Aufteilungswerte der Kombination einer Fläche mit einer Bewirtschaftungsanlage wird in jeder Zeile berechnet mit:</p> $a = (0 + a_A \cdot (a_F \cdot A_{b,a} + 1 \cdot A_A)) / (A_{b,a} + A_A), \quad g = (g_F \cdot A_{b,a} + g_A \cdot (a_F \cdot A_{b,a} + 1 \cdot A_A)) / (A_{b,a} + A_A), \quad v = (v_F \cdot A_{b,a} + v_A \cdot (a_F \cdot A_{b,a} + 1 \cdot A_A)) / (A_{b,a} + A_A);$ <p>Die Aufteilungswerte des gesamten Bilanzgebiets errechnen sich als flächenproportionale Summe der Aufteilungswerte jeder Zeile zu:</p> $A = \sum a_i \cdot (A_{b,a,i} + A_{A,i} + A_{veg,i}) / \sum (A_{b,a,i} + A_{A,i} + A_{veg,i}) \text{ und analog für } g \text{ und } v.$																		