

# DWA-Software

## **Wasserbilanz-Expert – Handbuch**

Software zum Arbeitsblatt DWA-A 102 (Entwurf)  
Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen  
zur Einleitung in Oberflächengewässer

2017



IWARU Institut für  
Infrastruktur · Wasser ·  
Ressourcen · Umwelt



FH MÜNSTER  
University of Applied Sciences

## Inhaltsverzeichnis

<b>Lizenz- und Nutzungsbedingungen</b> .....	<b>4</b>
<b>1 Wasserbilanzberechnung</b> .....	<b>7</b>
1.1 Einführung .....	7
1.2 Modellkonzept und Herleitung der Systemfunktionen .....	7
1.2.1 WABILA Modellkonzept .....	7
1.2.2 Auswahl von Klima- und Niederschlagsdaten .....	7
1.2.3 WABILA Systemfunktionen .....	8
1.2.4 Softwaretool WABILA bzw. Wasserbilanz-Expert .....	10
1.3 Planungsbeispiel .....	10
<b>2 Installation und Registrierung</b> .....	<b>12</b>
<b>3 Anzeigebereiche</b> .....	<b>14</b>
3.1 Menü- und Symbolleiste .....	14
3.2 Basisdaten und Bilanzergebnisse .....	16
3.3 Bearbeitungstabelle .....	17
3.3.1 Varianten .....	19
3.3.2 Flächen und Anlagen (Elemente) .....	19
3.3.3 Parameter für Elemente ändern .....	21
3.4 Grafikbereich .....	22
3.5 Bericht .....	22
3.6 Menü Extras .....	24
3.6.1 Parameterwerte ändern .....	24
3.6.2 Textdatei importieren .....	24
3.6.3 Optionen .....	25
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>26</b>

<b>Anhang 1</b>	<b>WABILA Systemfunktionen</b> .....	<b>28</b>
<b>Anhang 1.1</b>	<b>Bezeichnungen</b> .....	<b>28</b>
<b>Anhang 1.2</b>	<b>Aufteilungswerte für Flächen</b> .....	<b>30</b>
Anhang 1.2.1	Berechnungsansatz B.1.1: Steildach (alle Deckungsmaterialien), Flachdach (Metall, Glas) .....	31
Anhang 1.2.2	Berechnungsansatz B.1.2: Flachdach (Dachpappe, Faserzement, Kies), Asphalt, fugenloser Beton, Pflaster mit dichten Fugen .....	32
Anhang 1.2.3	Berechnungsansatz B.1.3: Gründach .....	33
Anhang 1.2.4	Berechnungsansatz B.1.4: Einstaudach (Speicherhöhe > 3 mm) .....	34
Anhang 1.2.5	Berechnungsansatz B.1.5: teildurchlässige Flächenbeläge (Fugenanteil 2% bis 5%)..	35
Anhang 1.2.6	Berechnungsansatz B.1.6: teildurchlässige Flächenbeläge (Fugenanteil 6% – 10%) ..	36
Anhang 1.2.7	Berechnungsansatz B.1.7: teildurchlässige Flächenbeläge (Porensteine, Sickersteine), Kiesbelag, Schotterrasen .....	37
Anhang 1.2.8	Berechnungsansatz B.1.8: Rasengittersteine .....	38
Anhang 1.2.9	Berechnungsansatz B.1.9: Wassergebundene Decke .....	39
Anhang 1.3	Aufteilungswerte für Anlagen.....	40
Anhang 1.3.1	Berechnungsansatz B.2.1: Flächenversickerung .....	41
Anhang 1.3.2	Berechnungsansatz B.2.2: Versickerungsmulde .....	42
Anhang 1.3.3	Berechnungsansatz B.2.3: Mulde-Rigolen-Elemente .....	43
Anhang 1.3.4	Berechnungsansatz B.2.4: Mulden-Rigolen-System .....	44
Anhang 1.3.5	Berechnungsansatz B.2.5: Regenwassernutzung .....	45
Anhang 1.3.6	Berechnungsansatz B.2.6: Teichanlage mit Zufluss von befestigten Flächen .....	47

# Lizenz- und Nutzungsbedingungen

### § 1 Gegenstand der Lizenzbedingungen

- (1) Diese Lizenzbedingungen der WABILA-Software regeln die Überlassung und Nutzung sämtlicher von der DWA/FH Münster vertriebenen Softwareprodukte einschließlich der dazugehörigen Programmbeschreibung bzw. Benutzerdokumentation und des sonstigen schriftlichen Materials (nachfolgend Lizenzprogramm genannt) durch jede natürliche oder juristische Person (Lizenznehmer). Dies gilt unabhängig davon, ob die Lizenzprogramme von dem Lizenznehmer auf dem Wege des Downloads oder als Datenträger erworben werden. Die Allgemeinen Geschäftsbedingungen der DWA finden Anwendung.
- (2) Das Herunterladen und jede Form der Installation des Lizenzprogramms bedeuten die konkludente (stillschweigende) Annahme dieser Lizenzbedingungen. Das Herunterladen oder die Lieferung des Programms und die Einräumung von Nutzungsrechten daran sind ausdrücklich an die Beachtung dieser Lizenzbedingungen geknüpft.

### § 2 Schutzrechte, Schutzrechtsvermerke

- (1) Der Lizenznehmer erkennt an, dass es sich bei der jeweiligen Software um ein schutzfähiges Computerprogramm im Sinne von §§ 2 Abs.1 Nr.1, 69a ff. UrhG handelt.

Die DWA/FH Münster behält sich ausdrücklich alle Rechte, insbesondere Urheberrechte, Patentrechte, Markenrechte und andere gewerbliche bzw. sonstige Schutzrechte an dem Lizenzprogramm sowie dessen Ableitungen und Veränderungen vor.

- (2) Kennungen, Marken, Schutzrechts- oder sonstige Rechtsinhabervermerke innerhalb des Lizenzprogramms dürfen weder entfernt noch verändert werden. Sie sind auf jeder (gestatteten und zulässigen, s.u.) Kopie mit zu übertragen.

### § 3 Nutzungsrechte

- (1) Die DWA/FH Münster gewährt dem Lizenznehmer das einfache, nicht ausschließliche und persönliche Recht (im Folgenden Lizenz genannt), die Software auf einem Computer oder einem Server zu installieren und zu benutzen. Ein über dieses Nutzungsrecht hinausgehender Erwerb weiterer Rechte an der Software, insbesondere der des Eigentums, ist ausgeschlossen.
- (2) Die betreffende Software ist „in Benutzung“, wenn sie in den Zwischenspeicher geladen oder in einem Permanentenspeicher (z.B. Festplatte, CD-ROM o.ä.) dieses Computers gespeichert ist. Eine weitergehende Nutzung ist nicht zulässig, es sei denn, es liegt einer der unter § 4 beschriebenen Ausnahmefälle vor.
- (3) Für jeden Arbeitsplatz, an dem das Programm genutzt wird, muss eine Lizenz erworben werden. Diese ist somit arbeitsplatzbezogen.
- (4) Sofern der Lizenznehmer eine Mehrplatzlizenz erworben hat, darf die Software an der in der Lizenz genannten Anzahl von Arbeitsplätzen gleichzeitig genutzt werden. Ferner darf sie auf dem Dateiserver eines Computers innerhalb des internen Netzwerks des Lizenznehmers zu dem Zweck installiert werden, um die Software mittels Befehlen, Daten oder Anweisungen von anderen Computern innerhalb des internen Netzwerks zu verwenden, wobei die Gesamtzahl der Nutzer, denen die Verwendung der Software auf dem Dateiserver gestattet ist, die in der Lizenz genannte Anzahl nicht überschreiten darf.
- (5) Sofern dem Lizenznehmer die Testversion eines Softwareprogramms überlassen wird, erfolgt die Überlassung dieser Software unter Ausschluss jedweder Gewährleistung und Haftung. Eine Weitergabe an Dritte ist untersagt.

## § 4 Umfang der Nutzung und Nutzungsbeschränkungen

- (1) Der Lizenznehmer darf die für einen sicheren Betrieb notwendigen Sicherungskopien erstellen. Diese sind als solche zu kennzeichnen und (falls technisch möglich) mit dem Urheberrechtsvermerk des Originaldatenträgers zu versehen.
- (2) Die Software darf weder im Ganzen noch teilweise vervielfältigt oder an Dritte weitergegeben werden.
- (3) Alle anderen Arten der Verwertung der Software, insbesondere die Übersetzung, Bearbeitung, das Arrangement, andere Umarbeitungen (ausgenommen die Ausnahmen nach den §§ 69d, 69e UrhG) und die sonstige Verbreitung der Software (offline oder online) sowie deren Vermietung und Verleih sind unzulässig.
- (4) Die DWA/FH Münster kann das Nutzungsrecht bei Vorliegen eines wichtigen Grunds jederzeit widerrufen. Ein solcher liegt insbesondere dann vor, wenn der Lizenznehmer die Nutzungsbedingungen nicht einhält und dies auch nach schriftlicher Abmahnung mit Widerrufsandrohung durch die DWA/FH Münster nicht sofort unterlässt. Bei einem Widerruf des Nutzungsrechts wird der Lizenznehmer die Originalsoftware sowie eventuell vorhandene Sicherungskopien herausgeben und alle gespeicherten Versionen der Software löschen.

## § 5 Pflichten des Lizenznehmers

- (1) Der Lizenznehmer trifft angemessene Vorkehrungen für den Fall, dass die Software ganz oder teilweise nicht ordnungsgemäß arbeitet. Bevor er diese operativ einsetzt, überprüft er die Software gründlich auf deren Verwendbarkeit zu dem von ihm beabsichtigten Zweck. Er wird seine Daten nach dem jeweils aktuellen Stand der Wissenschaft und Technik sichern.
- (2) Der Lizenznehmer trifft angemessene Maßnahmen, um die Software vor dem unbefugten Zugriff Dritter zu schützen.
- (3) Persönliche Zugangsdaten sowie der zur Nutzung erforderliche Registrierungsschlüssel dürfen nicht an Dritte weitergegeben werden und sind vor dem Zugriff durch Dritte geschützt aufzubewahren.

## § 6 Gewährleistung

- (1) Die DWA/FH Münster gewährleistet, dass die Software in allen wesentlichen Bestandteilen den Produktankündigungen entspricht, und dass die Benutzerdokumentation die Informationen für den ordnungsgemäßen Gebrauch der Software enthält.
- (2) Nach dem Stand der Technik ist es nicht möglich, Computersoftware so zu erstellen, dass sie in allen Anwendungen und Kombinationen fehlerfrei arbeitet. Werden Programmfehler erkannt, bemüht sich die DWA/FH Münster um eine Korrektur des Programms innerhalb einer angemessenen Frist von mindestens 30 Tagen. Sollte die Frist verstreichen, ohne dass für Abhilfe gesorgt wurde, so kann der Lizenznehmer nach Ablauf einer weiteren angemessenen Nachfristsetzung die Herabsetzung des Kaufpreises (Minderung) oder die Rückerstattung des Kaufpreises bei gleichzeitiger Rückgabe der Lizenz verlangen. Bei geringfügigen Mängeln ist ein Rücktritt ausgeschlossen.
- (3) Softwarefehler sind ausschließlich reproduzierbare Fehler, deren Ursachen in Mängeln des jeweiligen Lizenzprogramms liegen, und Abweichungen der Funktionalität des gelieferten Lizenzprogramms von der Dokumentation.
- (4) Die Dauer der Gewährleistung beträgt 12 Monate und beginnt mit dem Download der Lizenzprogramme auf das Computersystem des Lizenznehmers oder dem Zugang des Datenträgers bei Lieferung. Bei unberechtigten Fehlermeldungen, die ihre Ursache in der Systemumgebung bzw. den Systemvoraussetzungen des Lizenznehmers haben, behält sich die DWA/FH Münster die Geltendmachung einer nach Zeitaufwand gestaffelten Kostenpauschale vor.

### § 7 Haftung

- (1) Die DWA/FH Münster haftet, unabhängig vom Rechtsgrund, nur für Vorsatz und grobe Fahrlässigkeit. Hiervon ausgenommen sind aus der Verletzung des Lebens, des Körpers und der Gesundheit resultierende Schäden, wenn die DWA/FH Münster die Pflichtverletzung zu vertreten hat. Bei schuldhafter Verletzung wesentlicher Vertragspflichten haftet die DWA/FH Münster mit der Maßgabe, dass die Haftung auf den vertragstypischen, vernünftigerweise vorhersehbaren Schaden begrenzt ist. Bei leichtfahrlässiger Verletzung unwesentlicher Vertragspflichten ist eine Haftung ausgeschlossen. Eine Haftung für entgangenen Gewinn, unterbliebene Einsparungen und Folgeschäden ist gleichfalls ausgeschlossen.
- (2) Eine Haftung für Schäden ist ausgeschlossen, wenn diese durch eine vertragswidrige Anwendung der Software durch den Lizenznehmer verursacht wurden. Darüber hinaus haftet die DWA/FH Münster nicht für den Verlust und die damit verbundene Wiederherstellung von Daten.

### § 8 Lizenzgebühren

- (1) Die DWA/FH Münster überlässt dem Lizenznehmer die Software gegen Entrichtung der Lizenzgebühr. Alle angegebenen Beträge sind Bruttobeträge, in denen die jeweilige gesetzliche Umsatzsteuer enthalten ist.
- (2) Zahlungen sind entsprechend der AGBs der DWA zu leisten. Skonto wird nicht gewährt.
- (3) Der Lizenznehmer kann nur mit unbestrittenen oder rechtskräftig festgestellten Forderungen aufrechnen. Zurückbehaltungsrechte stehen ihm nur wegen unbestrittenen oder rechtskräftig festgestellten Gegenansprüchen aus dem jeweiligen Vertragsverhältnis und bei groben Pflichtverletzungen seitens der DWA/FH Münster zu.

### § 9 Datenschutz

Sämtliche an die DWA und FH Münster übermittelten Daten werden unter Beachtung des Bundesdatenschutzgesetzes, des Gesetzes gegen den unlauteren Wettbewerb sowie des Teledienstedatenschutzgesetzes zum Zwecke der Durchführung des Vertrags erhoben, gespeichert und verarbeitet. Sofern der Lizenznehmer nach vorherigem Hinweis nicht ausdrücklich einer Weitergabe an Dritte zugestimmt hat, werden Daten nicht an Dritte weitergegeben.

### § 10 Rechtswahl, Gerichtsstand, Schriftform, Salvatorische Klausel

- (1) Auf diesen Vertrag findet ausschließlich das deutsche Recht Anwendung. Das UN-Kaufrecht wird ausgeschlossen.
- (2) Sofern es sich bei dem Lizenznehmer um einen Kaufmann im Sinne des HGB, in öffentlich-rechtliches Sondervermögen oder eine juristische Person des öffentlichen Rechts handelt, ist Bonn für alle aus diesen Lizenzbedingungen entstehenden Streitigkeiten ausschließlicher Gerichtsstand.
- (3) Änderungen und Ergänzungen dieser Lizenzbedingungen bedürfen der Schriftform.
- (4) Sollten einzelne Regelungen dieser Lizenzbedingungen ganz oder teilweise nicht rechtlich wirksam oder nicht durchführbar sein bzw. werden, so wird die Gültigkeit der übrigen Bestimmungen hiervon nicht berührt. Das gleiche gilt für den Fall des Vorliegens einer Regelungslücke.

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), Theodor-Heuss-Allee 17, 53773 Hennef, Deutschland, Tel. + 49 2242 872 333, Fax: + 49 2242 872 135, E-Mail: info@dwa.de. Vereinsregister: Amtsgericht Bonn, Nummer 20 VR 35 05.

# 1 Wasserbilanzberechnung

## 1.1 Einführung

In Siedlungsgebieten ist der Wasserhaushalt im Vergleich zum unbebauten Zustand erheblich verändert. Der Oberflächenabfluss ist erhöht und die Grundwasserneubildung sowie die Verdunstung sind verringert. Die Folgen betreffen das hydrologische Regime, die Morphologie und die Ökologie stadtnaher Gewässer, das Grundwasser im Siedlungsbereich sowie das Stadtklima. Die Einflüsse von Siedlungsgebieten auf den Wasserhaushalt können durch eine zielgerichtete Regenwasserbewirtschaftung (RWB) reduziert werden.

Hierfür wurde das vereinfachte Wasserbilanzmodell WABILA als Planungstool im Rahmen des vom BMBF geförderten Forschungsvorhabens SAMUWA ([www.samuwa.de](http://www.samuwa.de), Henrichs et al. 2017, Förderkennzeichen: 033W004J) entwickelt. Das Planungstool ermöglicht eine Auswahl standortgerechter Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung, um den lokal unterschiedlichen Erfordernissen des Wasserhaushaltes nahezukommen. Das einfache Bilanzmodell für den lokalen Wasserhaushalt ist geeignet, mit überschaubarem Arbeitsaufwand und Datenbedarf im Rahmen der Bauleitplanung Entscheidungsprozesse zur Regenwasserbewirtschaftung zu unterstützen.

## 1.2 Modellkonzept und Herleitung der Systemfunktionen

### 1.2.1 WABILA Modellkonzept

Die grundlegende Idee des Wasserbilanzmodells ist es, mit geringem Datenaufwand den frühen Planungsprozess hinsichtlich der Einhaltung der lokalen Wasserbilanz zu unterstützen. Hierfür werden die Hauptkomponenten Abfluss ( $a$ ), Grundwasserneubildung ( $g$ ) und Verdunstung ( $v$ ) als Anteile des mittleren Jahresniederschlags beschrieben. Die Aufteilungsfaktoren  $a$ ,  $g$  und  $v$  ergeben in Summe 1; dies entspricht dem Jahresniederschlag.

$$P = ET_a + GWN + RD \quad (1-1)$$

$$P = v \cdot P + g \cdot P + a \cdot P \quad (1-2)$$

$$1 = v + g + a \quad (1-3)$$

mit  $P$  Niederschlag in mm/a,  $ET_a$  aktuelle Evapotranspiration in mm/a,  $GWN$  Grundwasserneubildung in mm/a,  $RD$  Oberflächenabfluss in mm/a,  $v$  Aufteilungswert Evapotranspiration,  $g$  Aufteilungswert Grundwasserneubildung,  $a$  Aufteilungswert Oberflächenabfluss.

### 1.2.2 Auswahl von Klima- und Niederschlagsdaten

Für die Ermittlung der Aufteilungsfunktionen für unterschiedliche Flächen und Bewirtschaftungsanlagen wurden Zeitreihen von 40 über das Bundesgebiet verteilten Niederschlagsstationen (505 bis 1692 mm/a) mit einer Länge zwischen 6 und 20 Jahren repräsentativ ausgewählt. Aus den Klimadaten nahegelegener Stationen des DWD wurde die zugehörige potentielle Evapotranspiration (FAO-Grasreferenzverdunstung) verwendet (461 bis 752 mm/a). Die klimatische Wasserbilanz an den 40 Standorten betrug zwischen -247 mm/a und 1185 mm/a (vgl. Bild 1).

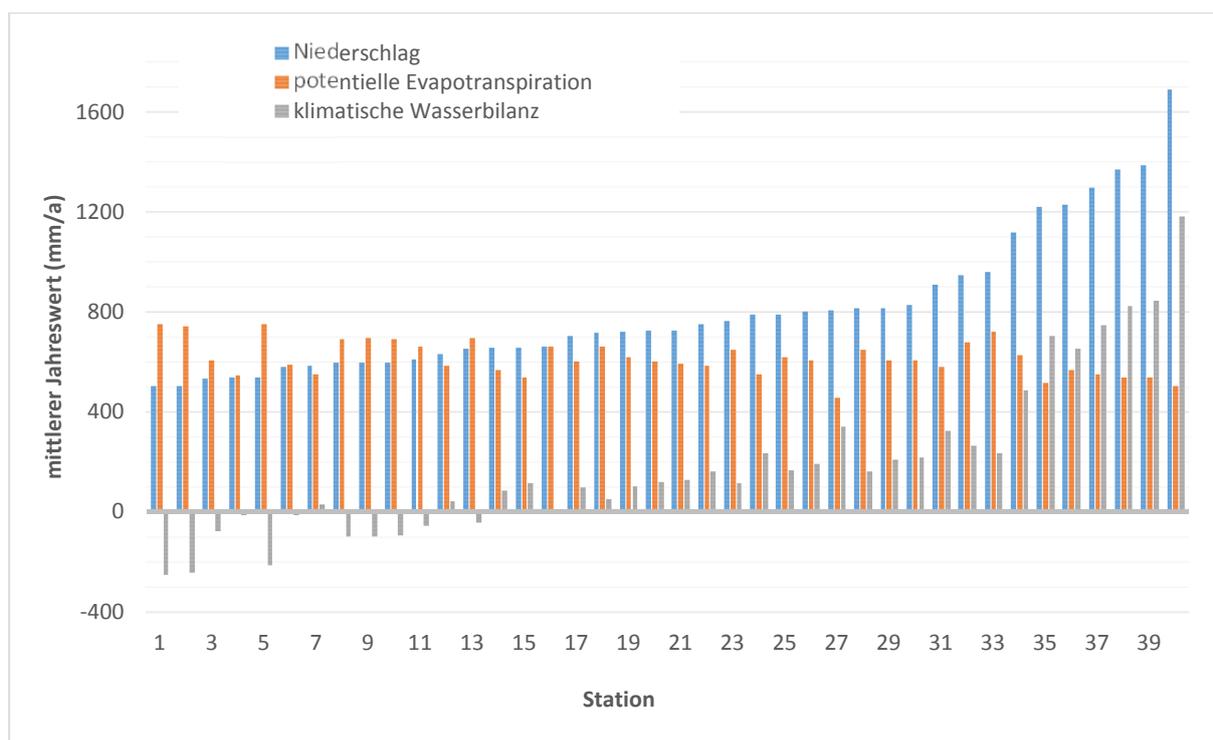


Bild 1: Niederschlags- und Verdunstungshöhen sowie klimatische Wasserbilanzen (KWB) der 40 Stationen

## 1.2.3 WABILA Systemfunktionen

Die Herleitung der Systemfunktionen erfolgt mittels Simulationsmodell „Storm Water Management Model“ der US EPA (SWMM, Rossman 2010). SWMM bietet über das „Subcatchment“ und das RWB-Modul „LID“ (Low Impact Development) die Möglichkeit urbane Oberflächen (wie z. B. Dächer, Pflasterflächen, Gründächer) und RWB-Anlagen (wie z. B. Versickerung, Regenwassernutzung) abzubilden. Die Eignung von SWMM für die Herleitung der Systemfunktionen wird von Langner (2013) sowie Jayasooriya und Ng (2014) belegt. Für die einzelnen Elemente (vgl. Tabelle 1) werden in vorgegebenen Wertebereichen für die relevanten Modellparameter jeweils zufällig 1000 Parameterkombinationen mittels Monte-Carlo-Methode oder Latin-Hypercube-Sampling ausgespielt (Helton und Davis 2003). Anschließend wurden je Fläche oder Bewirtschaftungsanlage 40.000 Langzeitsimulationen für die Kombination Parameterwerte und Niederschlagsstationen durchgeführt und die Aufteilungsfaktoren  $a$ ,  $g$  und  $v$  berechnet. Aus diesem Datenpool wurden die Aufteilungsfunktionen für die Flächen und Bewirtschaftungsanlagen mittels linearer und nichtlinearer multipler Regression bestimmt. Anhand von Literaturangaben erfolgte eine Validierung bzw. Plausibilitätsprüfung der Berechnungsergebnisse.

Das Modell bietet Systemgleichungen für die in Tabelle 1 aufgelisteten Flächen und Bewirtschaftungsmaßnahmen an. Die Systemfunktionen basieren grundsätzlich auf den sensitiven Parametern der 40.000 SWMM Simulationen. Neben Niederschlag und potentieller Verdunstung werden noch ein bis sechs weitere Parameter benötigt. Die vollständigen Systemgleichungen sind im Anhang 1 aufgeführt.

Die Validierung der Systemfunktionen wird von Henrichs et al. (2016) beschrieben.

Tabelle 1: Übersicht über die Parameter der Systemfunktionen für Flächen und Bewirtschaftungsmaßnahmen

Elementtyp	Spezifikation	Aufteilungsfaktoren		
		Direktabfluss	Grundwasserneubildung	Verdunstung
		a	g	v
Dach	Steildach, Flachdach, Kiesdach, Einstaudach	$f(P, ET_p, Sp)$	0	1-a
	Gründach	$f(P, ET_p, h, k_f, WK_{max}, WP)$	0	1-a
Straße, Weg, Platz	Asphalt, Pflaster	$f(P, ET_p, Sp)$	0	1-a
	teildurchlässige Beläge	$f(P, FA, Sp, WK_{max}, WP, k_f)$	$f(P, ET_p, FA, Sp, WK_{max}, WP, k_f, h)$	$f(P, ET_p, Sp, h, k_f)$
Versickerung	Versickerungsfläche	$f(P, BA_S)$	$f(P, ET_p, BA_S)$	$f(P, ET_p, BA_S)$
	Versickerungsmulde	$1-g_A-v_A$	$f(P, ET_p, BA_{S,M}, k_f)$	$f(P, ET_p, BA_{S,M}, k_f)$
	Mulden-Rigolen-Element	$f(P, BA_{S,M}, k_f)$	$f(P, ET_p, BA_{S,M}, k_f)$	$f(P, ET_p, BA_{S,M}, k_f)$
	Mulden-Rigolen-System	$f(P, ET_p, BA_{S,M}, q_{dr}, k_f)$	$f(P, ET_p, BA_{S,M}, k_f)$	$f(P, ET_p, BA_{S,M}, q_{dr}, k_f)$
Regenwassernutzung	$1-v-e$	$e = f(P, ET_p, VSp, VBr, VBw)_{\#1}$	$f(P, ET_p, VSp, VBr, VBw)$	
offene Wasserfläche	$1-v$	0	$f(P, ET_p)$	

P Niederschlag in mm/a;  $ET_p$  potentielle Verdunstung in mm/a; Sp Speicherhöhe in mm; h Aufbauhöhe in mm;  $k_f$  Durchlässigkeitsbeiwert in mm/h;  $WK_{max}$  max. Wasserkapazität; FA Fugenanteil in %;  $BA_S$  relative Größe der Versickerungsfläche in %;  $BA_{S,M}$  relative Größe der Muldenfläche in %;  $q_{dr}$  Drosselabflussspende in l/(s·ha); VSp spezifische Speichervolumen in mm; VBr spezifische Wasserbedarf für Brauchwasser in mm/d; Jahresbedarf für Bewässerung in l/m<sup>2</sup>/a

#1) für die Regenwassernutzung wird im Feld Grundwasserneubildung die Gleichung für den Aufteilungswert der Entnahme  $e_a$  aufgeführt

### 1.2.4 Softwaretool WABILA bzw. Wasserbilanz-Expert

Die Systemfunktionen des Wasserbilanzmodells wurden zur vereinfachten Anwendung in ein Softwaretool mit grafischer Benutzeroberfläche implementiert. In dem Softwaretool werden die mittlere jährliche Niederschlagshöhe und die mittlere jährliche potentielle Evapotranspiration als klimatische Eingangsdaten benötigt (Uhl et al. 2013). Die unterschiedlichen Flächentypen eines Baugebietes können zeilenweise eingegeben werden, so dass die Wasserbilanz in Form von Aufteilungsfaktoren für  $a$ ,  $g$  und  $v$  berechnet wird.

Auf Basis der Geo-Koordinaten des Planungs- bzw. Siedlungsgebietes können die Werte  $a$ ,  $g$  und  $v$  für den unbebauten Zustand aus dem Hydrologischen Atlas Deutschland ermittelt werden. Für die Berechnung der Wasserbilanz des unbebauten Zustandes könnte z. B. das Berechnungsverfahren GWNeu (Meßer und Gall 2016) anhand von Topographie, Boden, Grundwasserstand und Vegetationstyp eingesetzt werden.

Die Wasserbilanz des unbebauten Zustandes dient als Referenzzustand für die Planung (vgl. DWA-A 102 2016). Durch einen Vergleich der Wasserbilanz des unbebauten mit dem bebauten Zustand können Defizite im lokalen Wasserhaushalt quantifiziert werden. Durch den Einsatz von Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung erfolgt eine Annäherung der Wasserbilanz des bebauten an den unbebauten Zustand.

Die Gleichungen zur Berechnung der Flächen und Maßnahmen sind mit empfohlenen Werten vorparametrisiert (Flächen von Versickerungsanlagen werden über den  $k_f$ -Wert grob abgeschätzt). Diese Parameter können jedoch bei genauerem Kenntnisstand verändert und angepasst werden. Zur Optimierung der Planung können verschiedene Planungsvarianten angelegt und verglichen werden.

## 1.3 Planungsbeispiel

Anhand eines einfachen Beispiels sollen die Möglichkeiten von WABILA aufgezeigt werden (vgl. Bild 1). Für ein Einfamilienhausgrundstück mit  $500 \text{ m}^2$  werden die Wasserbilanzen von drei Entwässerungskonzepten gegenübergestellt. Die Wasserbilanz des natürlichen Zustandes hat Aufteilungswerte für den Abfluss von  $a=0,08$ , für die Grundwasserneubildung von  $g=0,33$  und für die Verdunstung von  $v=0,59$  bei einem mittleren Jahresniederschlag von  $800 \text{ mm}$  und einer potentiellen Verdunstung von  $550 \text{ mm}$ . Eine konventionelle Entwässerung wäre das anfallende Niederschlagswasser in einen Kanal einzuleiten (Varianten „ohne RWB“). Bei einer vollständigen Ableitung liegen Aufteilungswerte von  $a=0,38$ ,  $g=0,22$  und  $v=0,4$  vor, so dass sich absolute Abweichungen zwischen dem unbebauten Zustand und dem Planungszustand für  $a$  von  $0,29$ , für  $g$  von  $-0,11$  und für  $v$  von  $-0,18$  ergeben (vgl. Bild 1).

Durch die Begrünung des Hausdaches und der Garage mit einer extensiven Begrünung ( $10 \text{ cm}$  Aufbaustärke) kann eine Reduktion des Abflusses auf  $a=0,29$  erreicht werden. Dadurch erhöht sich die Verdunstung auf  $v=0,49$ . Der Aufteilungswert  $g$  verändert sich durch eine Dachbegrünung nicht. Zur Erhöhung der Grundwasserneubildung wird in der dritten Variante („Dachbegrünung & Versickerung“) im Gartenbereich eine Mulde für die Dachflächen sowie für die Stellplätze eine teildurchlässige Pflasterfläche ausgewählt. Dies führt zu Aufteilungswerten von  $a=0,04$ ,  $g=0,44$  und  $g=0,52$ . Das Planen der Versickerungsmulde führt somit zu einer Überkompensation der natürlichen Grundwasserneubildung (Abweichung  $g$  von  $0,11$ ). Für die Komponenten Abfluss mit  $-0,04$  und Verdunstung mit  $-0,07$  können sehr geringe Abweichungen zum natürlichen Zustand erzielt werden.

# Wasserbilanzberechnung

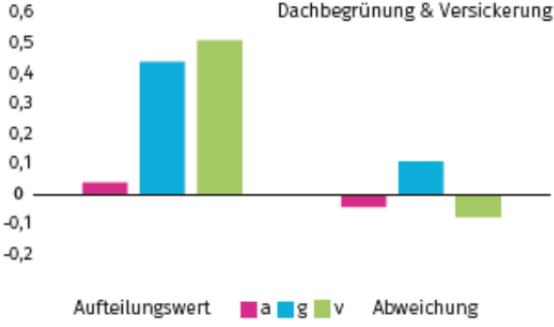
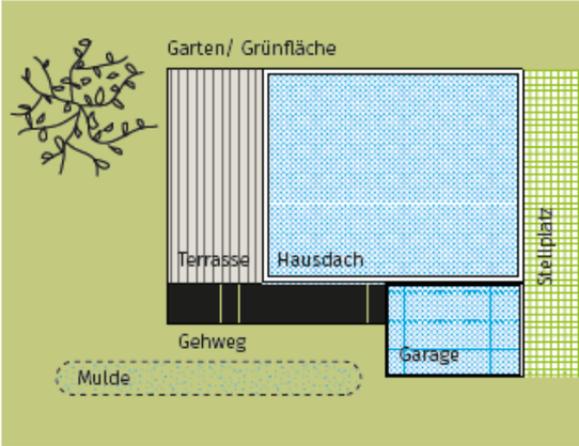
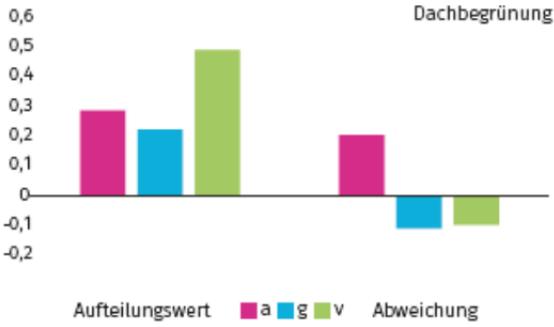
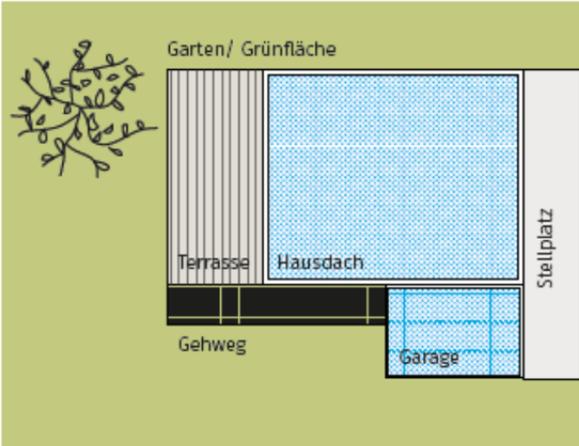
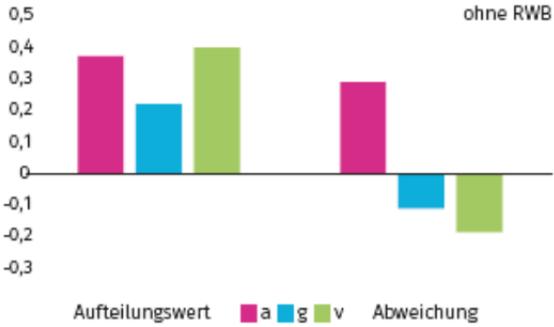
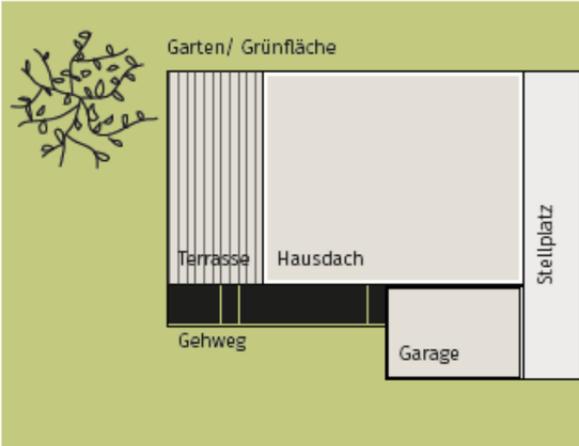


Bild 1: Wasserhaushaltsbilanzierung von drei unterschiedlichen Entwässerungskonzepten auf Grundstücksebene und Abweichungen zum natürlichen Referenzzustand

## 2 Installation und Registrierung

Zur Installation des Programms Wasserbilanz-Expert muss die heruntergeladene Zipdatei entpackt und anschließend die Datei setup.exe gestartet werden.

### Registrierung und Test- bzw. Demoversion

Nach dem Kauf einer Lizenz muss über den Button „Registrierung“ die Freischaltung des Programms durchgeführt werden. Dazu laden Sie sich die Demoversion herunter und sehen beim ersten Start von Wasserbilanz-Expert folgenden Dialog.

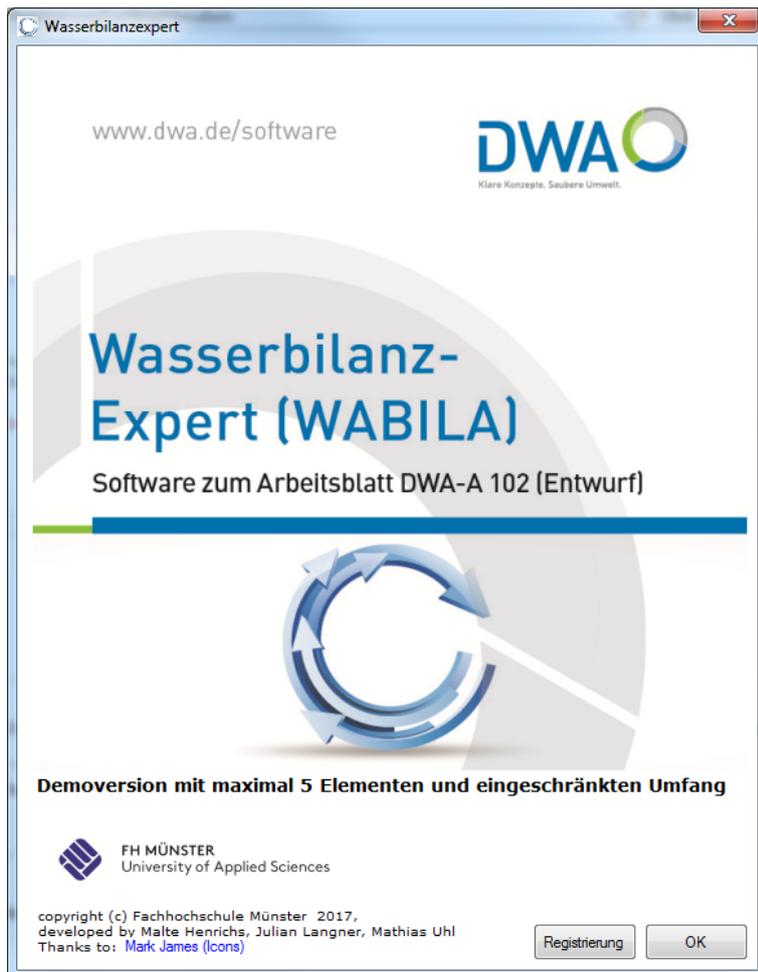
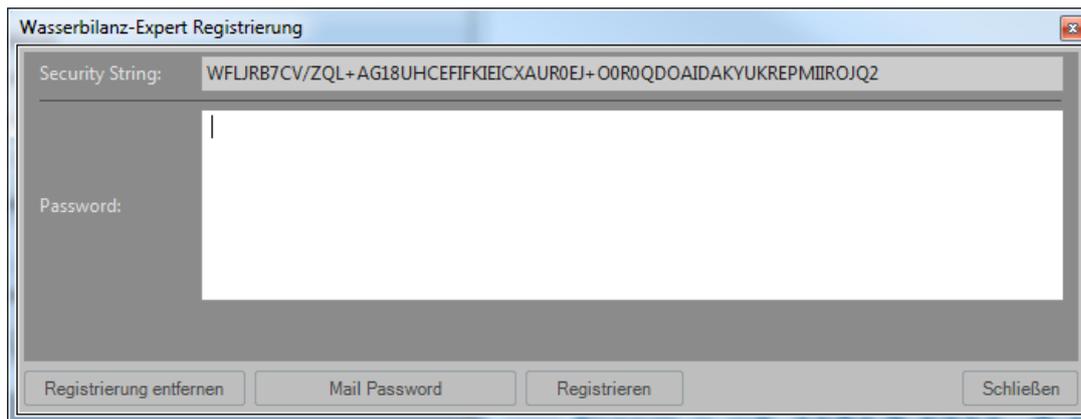


Bild 2: Info-Dialog beim Start der nicht registrierten Software

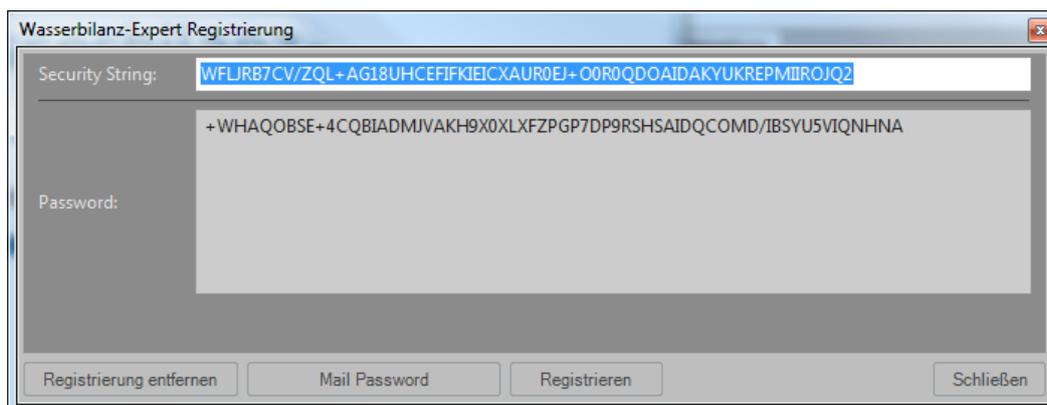
Durch Klicken des Buttons „OK“ kann das Programm wahlweise beendet werden, oder es kann im Demomodus mit verringertem Funktionsumfang verwendet werden. In der Demoversion kann eine Variante mit maximal 5 Flächen oder Regenwasserbehandlungsmaßnahmen getestet werden. Regenwassernutzungsanlagen können nicht verwendet werden. Des Weiteren können die Gesamtfläche, Niederschlags- und Klimadaten sowie die Daten des Referenzzustands nicht geändert werden.



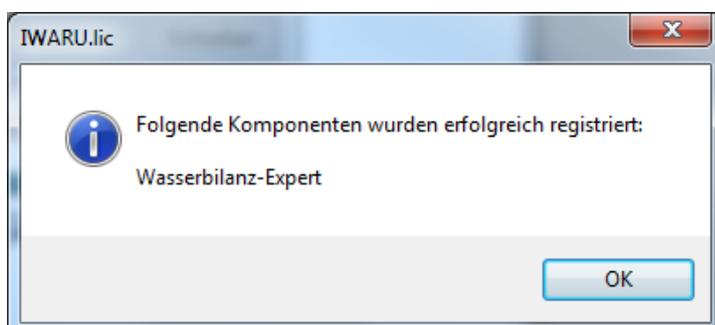
**Bild 3: Registrierungsdialog zum Auslesen des Registrierungsschlüssels**

Beim Bestätigen der Registrierung erscheint das abgebildete Registrierungs-Feld. Der Code aus dem Feld Security String muss an die DWA (info@dwa.de) gemailt werden, um den Freischaltcode zu erhalten. Sie können den Security String entweder über den Button „Mail Password“ oder durch kopieren an uns senden. Sobald wir Ihren Security String erhalten, wird vom Kundenzentrum der DWA ein Passwort generiert, das innerhalb der Bürozeiten so schnell wie möglich Ihnen per Mail zugesendet wird. Insofern ist es wichtig, dass die Mailadresse des passenden Ansprechpartners der DWA vorliegt.

Dieser String muss in das Feld „Password“ eingefügt werden. Durch anschließendes Klicken des Buttons „Registrieren“ erfolgt die Prüfung des Passworts sowie die Registrierung. Eine erfolgreiche Registrierung wird durch das folgende Nachrichtenfeld angezeigt.



**Bild 4: Registrierungsdialog zum Eingeben des Registrierungsschlüssels**



**Bild 5: Bestätigungsdialog bei erfolgreicher Freischaltung der Software**

Das Passwort wird in den Benutzereinstellungen gespeichert, so dass bei nachfolgenden Starts von Wasserbilanz-Expert keine erneute Passworteingabe erforderlich ist.

### 3 Anzeigebereiche

Der Anzeigebereich umfasst vier wesentliche Fenster:

- Basisdaten
- Bilanzergebnisse
- Bearbeitungstabelle
- Grafikbereich

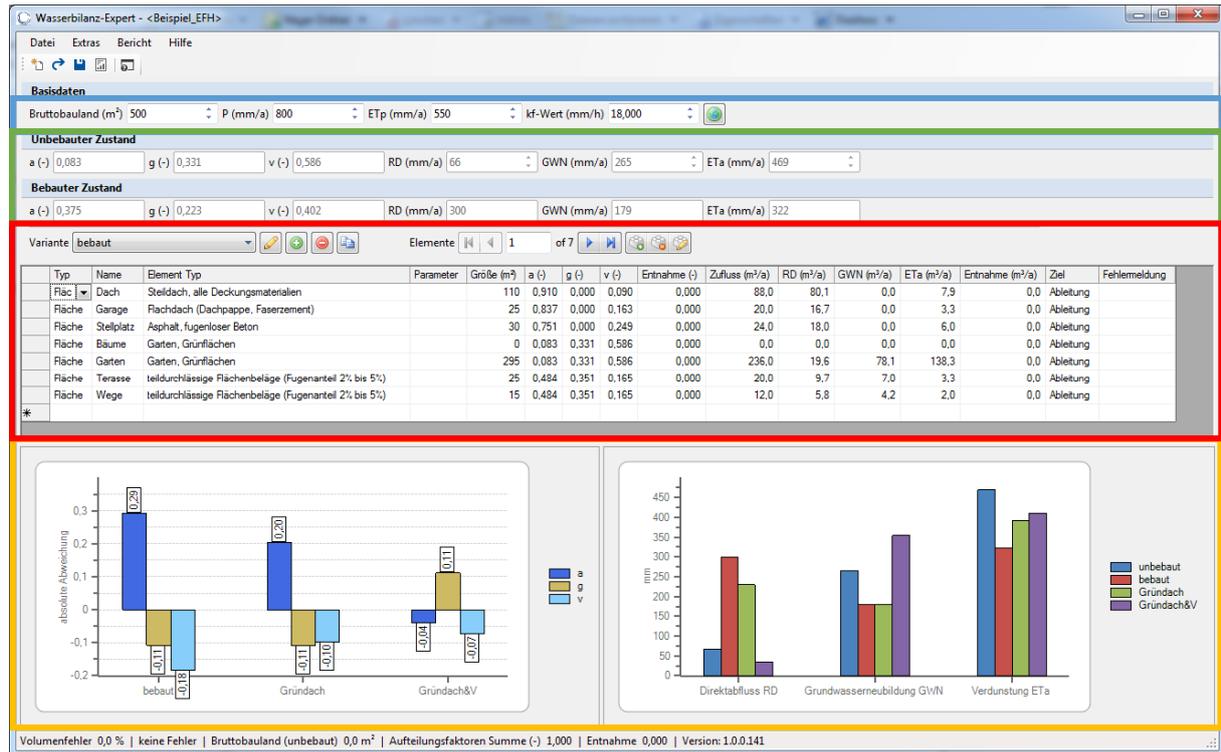


Bild 3: Übersicht über den Aufbau der Oberfläche von WABILA

#### 3.1 Menü- und Symbolleiste

Zentrale Steuerungselemente sind die

- Menüleiste
- Symbolleiste

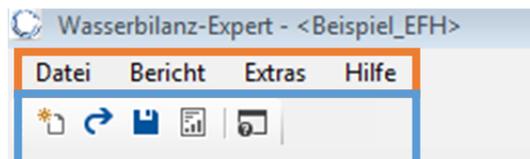


Bild 4: Menüleiste und Symbolleiste

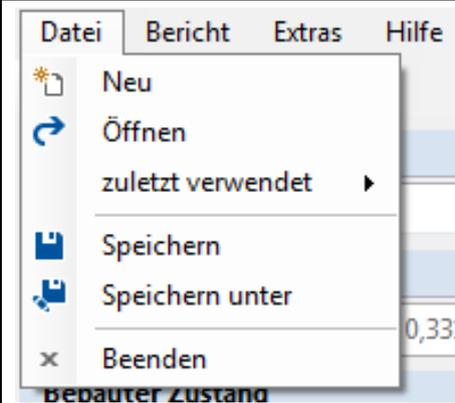
		Erstellen eines neuen Projektes
		Öffnen eines vorhandenen Projektes
		Öffnen eines zuletzt verwendeten Projektes
		Speichern des aktuell geöffneten Projektes
		Speichern des aktuell geöffneten Projektes unter einem neuen Dateinamen
		Beenden von Wasserbilanz-Expert

Bild 5: Menüeinträge Datei

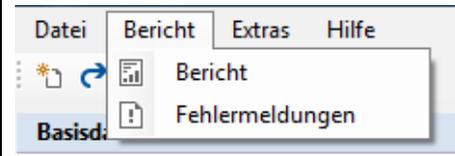
		Anzeigen des Berichtes
		Anzeigen von Fehlermeldungen aus der Berechnung

Bild 6: Menüeinträge Bericht

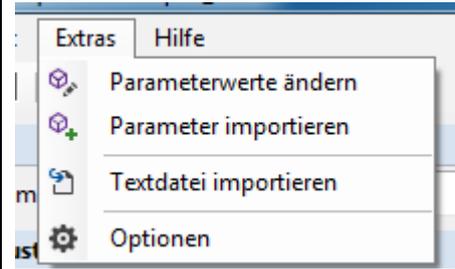
		Ändern von Parameterwerten eines Flächen- oder Anlagentyps
		Setzen der Standardparameter für neue Flächen- oder Anlagen
		Importieren von Flächen und Anlagen aus einer Textdatei
		Öffnen des Optionendialogs

Bild 7: Menüeinträge Extras

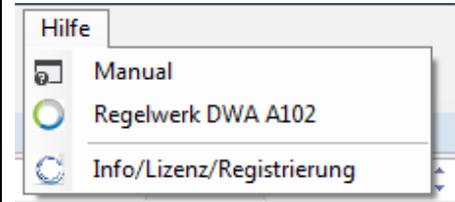
		Anzeigen des Handbuches als pdf-Datei
		Anzeigen des DWA A102 als pdf-Datei
		Öffnen des Info-Dialogs

Bild 11: Menüeinträge Hilfe

## 3.2 Basisdaten und Bilanzergebnisse

Basisdaten							
Bruttobauland (m <sup>2</sup> )	500	P (mm/a)	800	ET <sub>p</sub> (mm/a)	550	k <sub>f</sub> -Wert (mm/h)	18,000
Unbebauter Zustand							
a (-)	0,083	g (-)	0,331	v (-)	0,586	RD (mm/a)	66
						GWN (mm/a)	265
						ET <sub>a</sub> (mm/a)	469
Bebauter Zustand							
a (-)	0,375	g (-)	0,223	v (-)	0,402	RD (mm/a)	300
						GWN (mm/a)	179
						ET <sub>a</sub> (mm/a)	322

Bild 3.8: Überblick über die Basisdaten und Bilanzergebnisse

Unter Basisdaten werden folgende Parameter aufgelistet

- Bruttobauland: Fläche des gesamten Baugebiets in m<sup>2</sup>
- Niederschlag P: mittlere jährliche Niederschlagshöhe in mm/a
- Potentielle Verdunstung ET<sub>p</sub>: mittlere jährliche potentielle Verdunstungshöhe in mm/a
- k<sub>f</sub>-Wert: Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens für das Baugebiet in mm/h
- über den Button  können die Werte für den Wasserhaushalt des unbebauten Zustandes eingegeben werden.

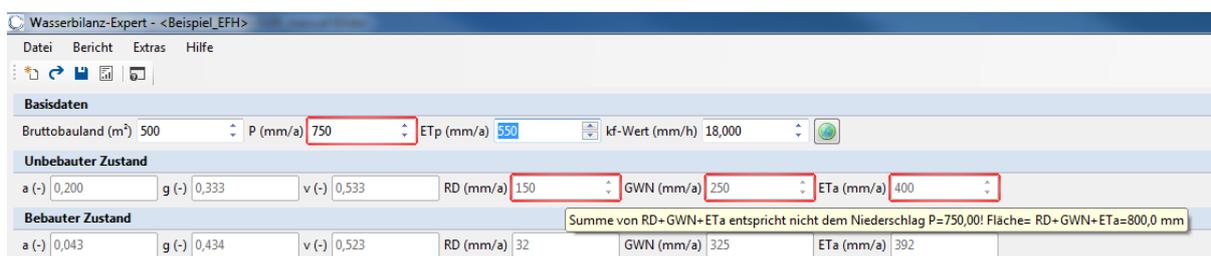
In der Leiste „Unbebauter Zustand“ werden jeweils die Werte für

- den mittleren jährlichen Direktabfluss (RD) in mm
- die mittlere jährliche Grundwasserneubildung (GWN) in mm
- die mittlere jährliche tatsächliche Verdunstung (ET<sub>a</sub>) in mm

aufgeführt.

Die Daten für den bebauten Zustand werden automatisch mithilfe der eingegebenen Flächen und Anlagen/Maßnahmen berechnet.

Die Niederschlagshöhe muss der Summe aus Abfluss, Grundwasserneubildung und Verdunstung entsprechen. Ansonsten werden die jeweiligen Felder rot umrandet.



Basisdaten							
Bruttobauland (m <sup>2</sup> )	500	P (mm/a)	750	ET <sub>p</sub> (mm/a)	550	k <sub>f</sub> -Wert (mm/h)	18,000
Unbebauter Zustand							
a (-)	0,200	g (-)	0,333	v (-)	0,533	RD (mm/a)	150
						GWN (mm/a)	250
						ET <sub>a</sub> (mm/a)	400
Bebauter Zustand							
a (-)	0,043	g (-)	0,434	v (-)	0,523	RD (mm/a)	32
						GWN (mm/a)	325
						ET <sub>a</sub> (mm/a)	392

Summe von RD+GWN+ET<sub>a</sub> entspricht nicht dem Niederschlag P=750,00! Fläche= RD+GWN+ET<sub>a</sub>=800,0 mm

Bild 3.9: Fehlerhafte Parametereingabe

### Unbebauter Zustand

Durch Klicken des Buttons  wird der nachfolgende Dialog geöffnet. Hier können die Werte für die Klimadaten (Niederschlag P (mm/a) und die potentielle Verdunstung ETp (mm/a)) sowie die Aufteilungswerte der Wasserbilanz für den Abfluss RD (mm/a), die Grundwasserneubildung GWN (mm/a) und die tatsächliche (aktuelle) Verdunstung Eta (mm/a) eingegeben werden. Die Felder a, g und v zeigen die Aufteilungswerte als Anteile des Niederschlages.

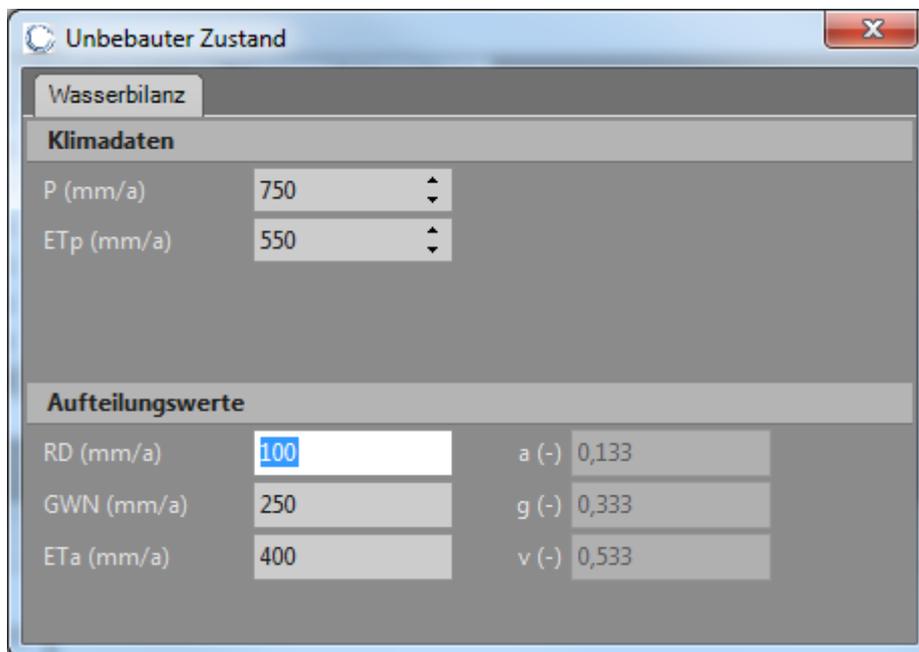


Bild 10: Eingabedialog für Basisdaten des unbebauten Zustandes

### 3.3 Bearbeitungstabelle

Die Bearbeitungstabelle dient der Eingabe und der Beschreibung des bebauten Zustands.

- Wasserbilanzergebnisse der aktuellen Variante
- Variantenverwaltung
- Verwaltung Elemente (Flächen und Maßnahmen)
- Bearbeitungstabelle für Elemente

Bebauter Zustand															
a (-) 0,043		g (-) 0,434		v (-) 0,523		RD (mm/a) 32		GWN (mm/a) 325		ETa (mm/a) 392					
Variante Gröndach&Versickerung&Bäume			Elemente			3 of 8									
Type	Name	Element Typ	Parameter	Größe (m²)	a (-)	g (-)	v (-)	Entnahme (-)	Zufluss (m³/a)	RD (m³/a)	GWN (m³/a)	ETa (m³/a)	Entnahme (m³/a)	Ziel	Fehlermeldung
Fläche	Dach	Gröndach mit Extensivbegrünung		110	0,549	0,000	0,451	0,000	82,5	45,3	0,0	37,2	0,0	RWB	
Fläche	Garage	Gröndach mit Extensivbegrünung		25	0,549	0,000	0,451	0,000	18,8	10,3	0,0	8,5	0,0	RWB	
Fläche	Spielplatz	teildurchlässige Beläge (Porensteine, Sickersteine)		30	0,003	0,594	0,404	0,000	22,5	0,1	13,4	9,1	0,0	RWB	
Fläche	Bäume	Garten, Grünflächen		20	0,000	0,315	0,685	0,000	15,0	0,0	4,7	10,3	0,0	Ableitung	
Fläche	Garten	Garten, Grünflächen		260	0,083	0,331	0,586	0,000	195,0	16,2	64,5	114,3	0,0	Ableitung	
Fläche	Terrasse	teildurchlässige Beläge (Porensteine, Sickersteine)		25	0,003	0,594	0,404	0,000	18,8	0,0	11,1	7,6	0,0	RWB	
Fläche	Wege	teildurchlässige Beläge (Porensteine, Sickersteine)		15	0,003	0,594	0,404	0,000	11,3	0,0	6,7	4,5	0,0	RWB	
Maßnahme	RWB	Versickerungsmulde		15	0,000	0,931	0,069	0,000	66,9	0,0	62,3	4,6	0,0	Ableitung	

Bild 11: Bearbeitungstabelle für die Verwaltung von Varianten und die Eingabe von Flächen und Anlagen des bebauten Zustandes

Sie beinhaltet folgende Spalten.

**Tabelle 2: Felder der Bearbeitungstabelle für Flächen und Maßnahmen**

Feld	Beschreibung
Typ	Auswahl zwischen Fläche und Maßnahme
Name	Bezeichnung der jeweiligen Fläche bzw. Maßnahme
Element Typ	Wahl des jeweiligen Elementes, welches die Fläche bzw. Maßnahme definiert
Parameter	Öffnen des Dialogfeldes Parameter des Elementes
Größe (m <sup>2</sup> )	Größe der jeweiligen Fläche bzw. Maßnahme, in m <sup>2</sup>
a, g, v	Aufteilungsfaktoren zwischen 0 und 1
Entnahme	Bei Regenwassernutzung: Anteil des Brauchwassers an der Wasserbilanz
Zufluss (m <sup>3</sup> /a)	jährlicher Zufluss zu einer Fläche bzw. Maßnahme, in m <sup>3</sup> /a, resultiert aus der Überregnung und dem Zufluss von einer Fläche oder Anlage
Abfluss (m <sup>3</sup> /a)	jährlicher Abfluss, resultierend aus dem jeweiligen Zufluss und Aufteilungsfaktor a, von der jeweiligen Fläche bzw. Maßnahme, in m <sup>3</sup> /a
GWN (m <sup>3</sup> /a)	jährliche Grundwasserneubildung, resultierend aus dem jeweiligen Zufluss und Aufteilungsfaktor g, auf der jeweiligen Fläche bzw. Maßnahme, in m <sup>3</sup> /a
Verdunstung (m <sup>3</sup> /a)	jährliche Verdunstung, resultierend aus dem jeweiligen Zufluss und Aufteilungsfaktor v, von der der jeweiligen Fläche bzw. Maßnahme, in m <sup>3</sup> /a
Entnahme (m <sup>3</sup> /a)	Jährliche Entnahme, resultierend aus dem jeweiligen Zufluss und dem Aufteilungswert für die Entnahme, in m <sup>3</sup> /a
Ziel	Ziel des Abflusses mit der Auswahlmöglichkeit 1) Ableitung (Abfluss aus dem Einzugsgebiet) 2) Abfluss in eine Maßnahme
Fehlermeldung	Anzeige von Berechnungsfehlern für das Element

### 3.3.1 Varianten

Es können mehrere Varianten erstellt werden. Diese beschreiben verschiedene Planungssituationen auf demselben Grundstück. Im Grafikbereich können die Berechnungsergebnisse mehrerer Varianten miteinander verglichen werden.

Variante <input type="text" value="bebaut"/>		Auswahlbox für die Selektion einer Variante
Variante		Ändern des Namens der Variante
		Hinzufügen einer Variante
		Löschen der aktuellen Variante
		Kopieren der aktuellen Variante

Bild 12: Verwaltung der Varianten

Durch einen Linksklick auf das  Symbol wird eine neue Variante hinzugefügt. Es erscheint ein Fenster, in dem nach dem Namen für die neue Variante gefragt wird.

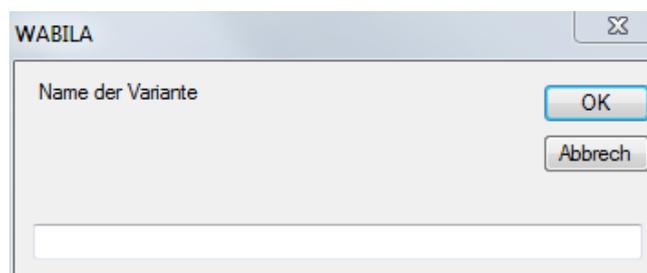


Bild 13: Variante hinzufügen

Durch einen Linksklick auf das  Symbol wird die gegenwärtig ausgewählte Variante gelöscht.

### 3.3.2 Flächen und Anlagen (Elemente)

Elemente können über die Schaltfläche oberhalb der Bearbeitungstabelle oder über das Kontextmenü (rechte Maustaste) hinzugefügt, eingefügt oder gelöscht werden. In der Bearbeitungstabelle werden Flächen mit weißem und Maßnahmen mit grauen Hintergrund dargestellt.

Um eine Fläche bzw. Maßnahme auszuwählen, reicht ein Linksklick in die entsprechende Zeile der Bearbeitungstabelle. Es gibt jedoch auch die Möglichkeit mittels des Auswahlfensters zwischen den Flächen und Maßnahmen zu wechseln. Mit den  und  Pfeilen kann zur vorherigen bzw. nächsten Zeile gewechselt werden. Mit den  und  Pfeilen wird die erste bzw. letzte Zeile aktiviert. Es ist außerdem möglich die gewünscht Zeile in das Eingabefeld in der Mitte einzugeben und die Eingabe mit Enter zu bestätigen. Dadurch wird automatisch diese Zeile ausgewählt.

Typ	Name	Element Typ	Parameter	Größe (m²)	a (-)	g (-)	v (-)	Entnahme (-)	Zufluss (m³/a)	RD (m³/a)	GNW (m³/a)	ETa (m³/a)	Entnahme (m³/a)	Ziel	Fehlermeldung
Fläche	Dach	Gründach mit Extensivbegrünung		110	0,549	0,000	0,451	0,000	82,5	45,3	0,0	37,2	0,0	RWB	
Fläche	Garage	Gründach mit Extensivbegrünung		25	0,549	0,000	0,451	0,000	18,8	10,3	0,0	8,5	0,0	RWB	
Fläche	Stellplatz	teildurchlässige Beläge (Porensteine, Sickersteine)		30	0,003	0,594	0,404	0,000	22,5	0,1	13,4	9,1	0,0	RWB	
Fläche	Bäume	Garten, Grünflächen		20	0,000	0,315	0,685	0,000	15,0	0,0	4,7	10,3	0,0	Ableitung	
Fläche	Grünflächen	Garten, Grünflächen		260	0,083	0,331	0,586	0,000	195,0	16,2	64,5	114,3	0,0	Ableitung	
Fläche	Terrasse	teildurchlässige Beläge (Porensteine, Sickersteine)		25	0,003	0,594	0,404	0,000	18,8	0,0	11,1	7,6	0,0	RWB	
Fläche	Wege	teildurchlässige Beläge (Porensteine, Sickersteine)		15	0,003	0,594	0,404	0,000	11,3	0,0	6,7	4,5	0,0	RWB	
Maßnahme	RWB	Versickerungsmulde		15	0,000	0,931	0,069	0,000	66,9	0,0	62,3	4,6	0,0	Ableitung	

Bild 14: Editieren von Flächen und Anlagen

		Auswahl / Navigation für die Tabelle der Elemente
Elemente (Flächen und Anlagen/Maßnahmen) der ausgewählten Variante		Hinzufügen einer Fläche
		Löschen der aktuellen Fläche
		Ändern der Parameter des ausgewählten Elementes

Bild 15: Bearbeitung von Flächen und Anlagen (Elemente)

Beim Hinzu- oder Einfügen von Elementen werden immer Flächen zugefügt. Erst über eine Umstellung von Fläche → Maßnahme in der Auswahlbox in der Spalte Typ wird aus der Fläche eine Maßnahme.

Typ	Name	Element Typ	Pa
Fläche	Dach	Gründach mit Extensivbegrünung	
Fläche	Garage	Gründach mit Extensivbegrünung	
Fläche	Stellplatz	teildurchlässige Beläge (Porensteine, Sickersteine)	
Fläche	Bäume	Garten, Grünflächen	
Maßnahme	Garten	Garten, Grünflächen	
Fläche	Terrasse	teildurchlässige Beläge (Porensteine, Sickersteine)	
Fläche	Wege	teildurchlässige Beläge (Porensteine, Sickersteine)	
Maßnahme	RWB	Versickerungsmulde	

Bild 16: Auswahl zwischen Fläche und Maßnahme

Elemente können in der Spalte „Element Typ“ ausgewählt werden. Abhängig davon, ob eine Fläche oder Maßnahme gewählt worden ist, werden unterschiedliche Element Typen angeboten.

Um den Reiter zu öffnen, wird die gewünschte Zeile aktiviert. Danach wird ein Linksklick auf die Element Typ-Zelle getätigt und der Pfeil betätigt.

Typ	Name	Element Typ	Parameter	Größe (m²)	a (-)	g (-)	v (-)	Entnahme (-)	Zufluss
Fläche	Dach	Steildach, alle Deckungsmaterialien		110	0,906	0,000	0,094	0,000	
Fläche	Garage	Steildach, alle Deckungsmaterialien		25	0,829	0,000	0,171	0,000	
Fläche	Stellplatz	Flachdach (Metall, Glas)		30	0,742	0,000	0,258	0,000	
Fläche	Bäume	Flachdach (Dachpappe, Faserzement)		0	0,083	0,331	0,586	0,000	
Fläche	Garten	Flachdach (Kies)		295	0,083	0,331	0,586	0,000	
Fläche	Terrasse	Gründach mit Extensivbegrünung		25	0,477	0,350	0,173	0,000	
Fläche	Wege	Gründach mit Intensivbegrünung		15	0,477	0,350	0,173	0,000	

Bild 17: Auswahlmöglichkeiten für Elementtypen bei einer Fläche

### 3.3.3 Parameter für Elemente ändern

Es besteht die Möglichkeit, den vorgegebenen Parameter für einige Elemente zu ändern. So kann zum Beispiel die Speicherhöhe für ein Flachdach bearbeitet werden.

Um das Parametereingabefenster zu öffnen, wird das gewünschte Element aktiviert. Danach wird ein Linksklick auf die Parameterzelle getätigt und ein Knopf erscheint.



Bild 18: Parameterzelle nach Aktivierung

Mit einem Linksklick auf diesen öffnet sich das Parametereingabefenster.

**Einstellungen**

Name:

Typ:

Größe m<sup>2</sup>:

**Parameter**

Name	Wert	Min	Max
Speicherhöhe		2	0,6 3

Bild 19: Parametereingabefenster Elemente

Die oberen drei Felder dienen den Grunddaten für das Element.

- Name: Bezeichnung des Elements
- Typ: genaue Bezeichnung/Typ des Elements
- Größe m<sup>2</sup>: Fläche in m<sup>2</sup> des Elements

Darunter befindet sich die Tabelle zur Eingabe der Parameter:

- Wert: der durchschnittlich zu erwartende Parameter
- Min: der mindestens zu erwartende Parameter
- Max: der maximal zu erwartende Parameter

In diesem Beispiel kann die Speicherhöhe geändert werden. Die Änderungsmöglichkeiten variieren je nach Elementen-Typ. Die Parameter und Wertebereiche der Parameter können dem Anhang entnommen werden.

### 3.4 Grafikbereich

Das Grafikfenster ermöglicht den Vergleich zwischen bebautem und unbebautem Zustand. Hierbei gibt es zwei unterschiedliche Darstellungen, die der Bewertung des Projekts dienen. Beide Diagramme werden als Balkendiagramme dargestellt.

Im linken, hier rot umrandeten Fenster wird die absolute Abweichung der Aufteilungsfaktoren für a (Abfluss), g (Grundwasserneubildung) und v (aktuelle Verdunstung) zwischen dem bebauten und unbebauten Zustand dargestellt.

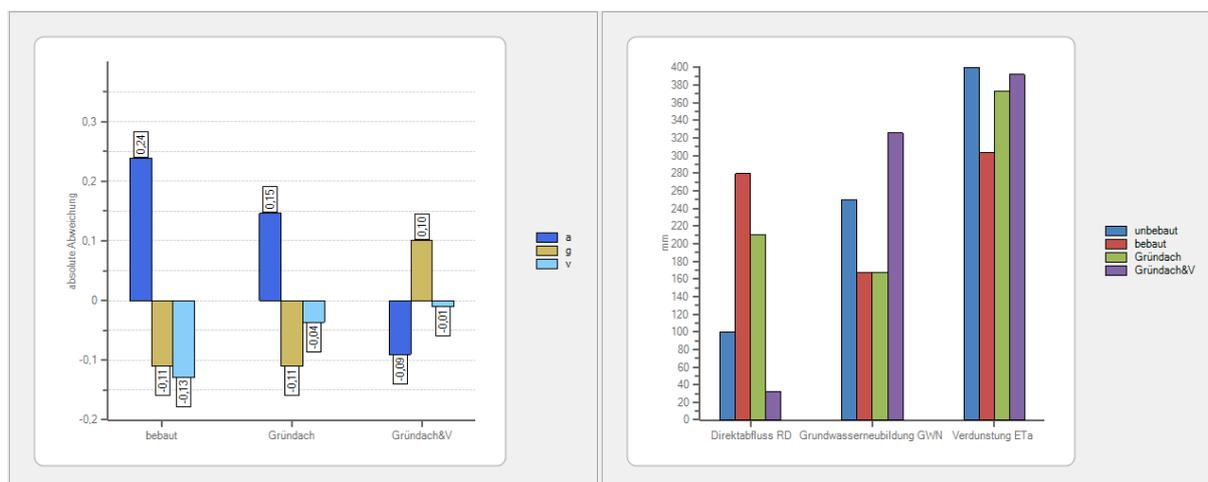


Bild 20: Grafikfenster mit absoluten Abweichungen zwischen bebautem und unbebautem Zustand (links) und Vergleich der Wasserbilanzen als mittlere Jahreswerte in mm für drei Varianten

### 3.5 Bericht

Über das Menü „Bericht/Bericht“ oder durch Klicken des Buttons  wird ein Bericht des aktuellen Projekts erstellt. Der Bericht enthält eine Zusammenfassung der Bilanzergebnisse aller Varianten und vergleicht diese mit der Bilanz des unbebauten Zustands. Des Weiteren werden für alle Varianten die Eingangsdaten und Ergebnisse der einzelnen Elemente tabellarisch ausgegeben.

Der Report kann gedruckt oder in Form unterschiedlicher Dateiformate exportiert werden (z.B. pdf, docx, xlsx).

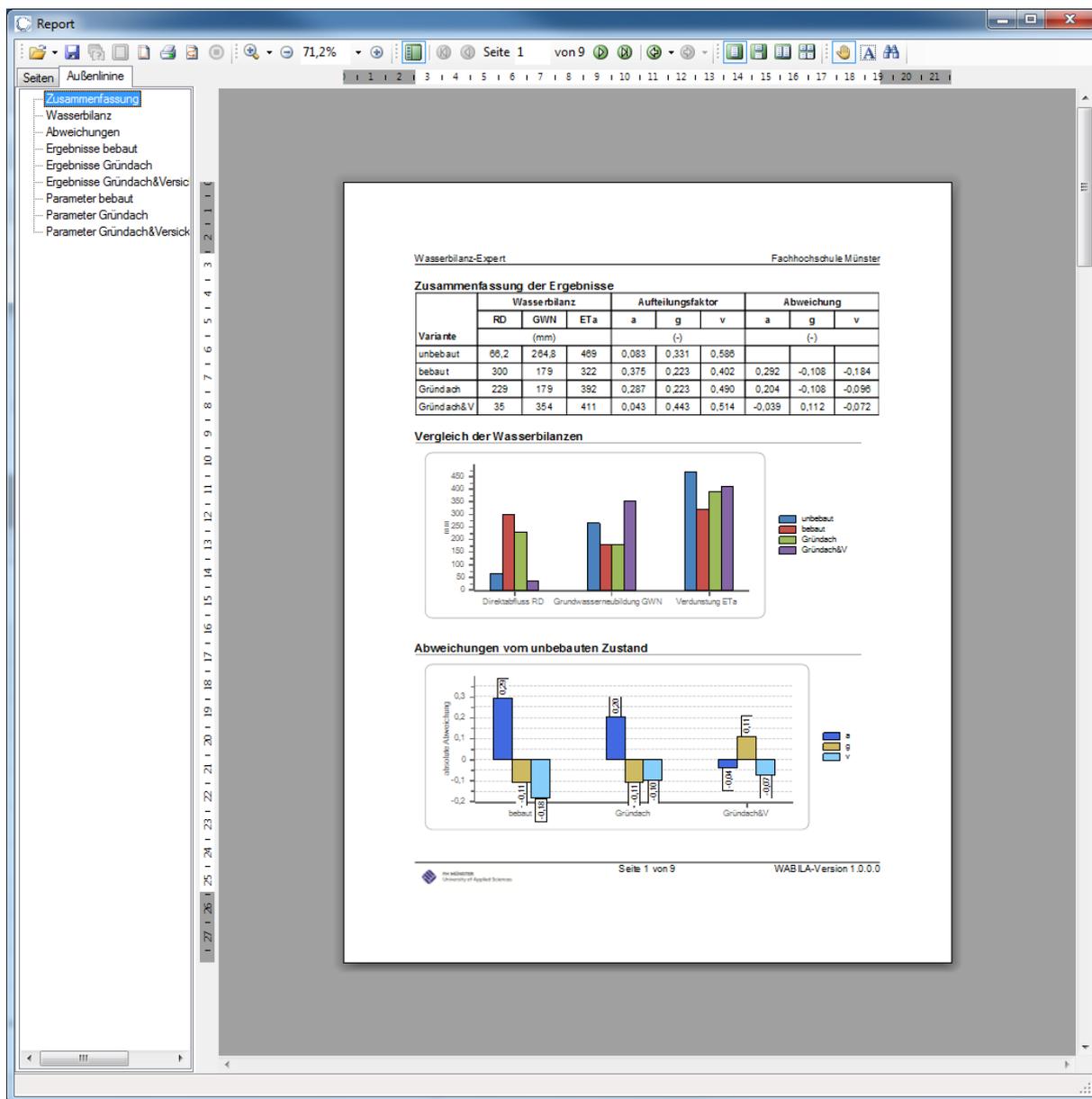


Bild 21: Anzeigen des Ergebnisreports

## 3.6 Menü Extras

### 3.6.1 Parameterwerte ändern

Über „Extras/Parameterwerte ändern“ kann ein Parameter für alle Elementtypen eines Projektes geändert werden. Über die Auswahlbox „Element“ kann das Element gewählt werden. Anschließend stehen in der Auswahlbox „Parameter“ die Parameter dieses Elementtyps zur Verfügung. Der eingegebene „Neuer Wert“ wird überall für diesen gewählten Parameter gesetzt. Wenn der Haken bei „aktuelle Variante“ gesetzt ist, werden nur die gewählten Elemente der aktuellen Variante und ansonsten für alle existierenden Varianten geändert. Im Beispiel werden alle Aufbaustärken der „Gründächer mit Extensivbegrünung“ der aktuellen Variante auf 8 mm gesetzt.

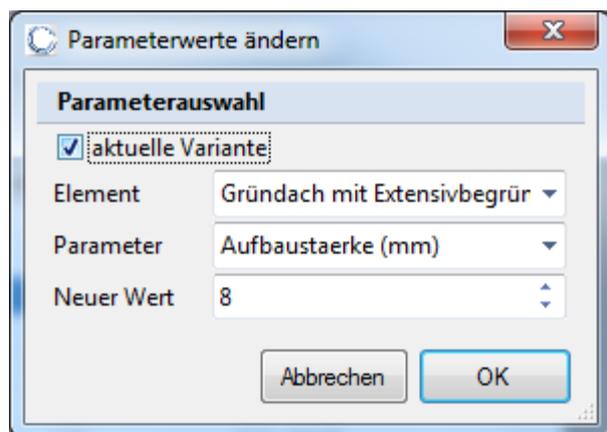


Bild 22: Ändern von Parameterwerten

### 3.6.2 Textdatei importieren

Über „Extras/Textdatei importieren“ können Elemente aus einer Textdatei importiert werden. Dabei müssen die Spalten der Textdatei durch einen Tabstopp voneinander getrennt sein. Das Dezimaltrennzeichen wird vom Betriebssystem übernommen, d. h., dass das Dezimaltrennzeichen in der Textdatei das gleiche sein muss wie das des Betriebssystems. Die Reihenfolge der Spalten ist:

- 1) Name des Elementes
- 2) Elementtyp (Flächen- oder Maßnahmentyp)
- 3) Größe des Elementes in m<sup>2</sup>

Die Spalten dürfen keine Überschriften haben. Nachfolgend ist ein Beispiel einer Textdatei, die durch Wasserbilanz-Expert importiert werden kann, aufgeführt.

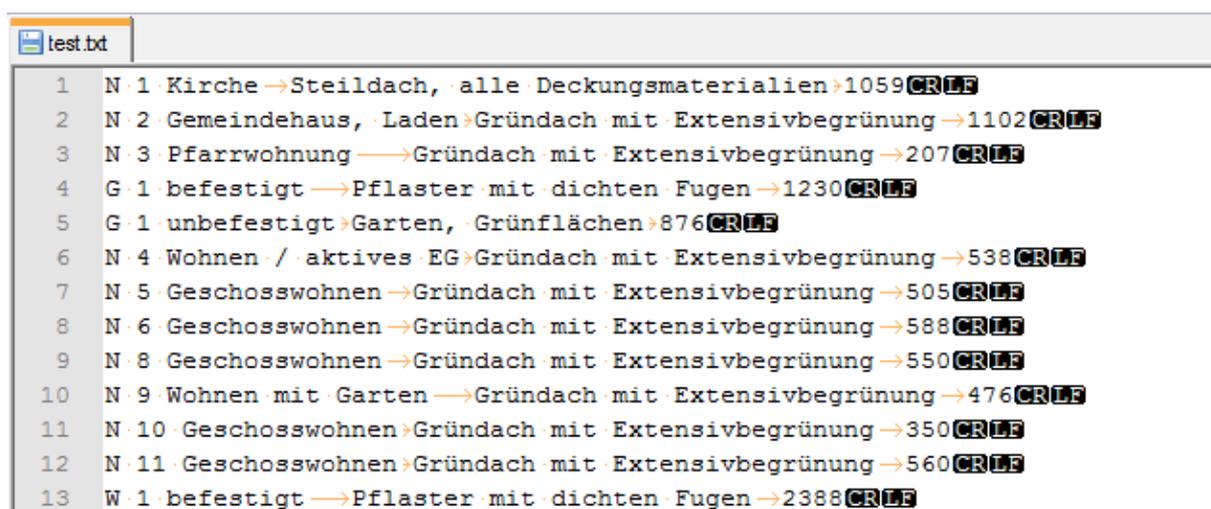


Bild 23: Textdatei für Import

### 3.6.3 Optionen

Über das Menü „Extras/Optionen“ wird der Optionen-Dialog eingeblendet. Für den Ergebnisbericht können im Bereich „Bericht“ ein Firmenlogo und der Name des Unternehmens eingegeben werden.

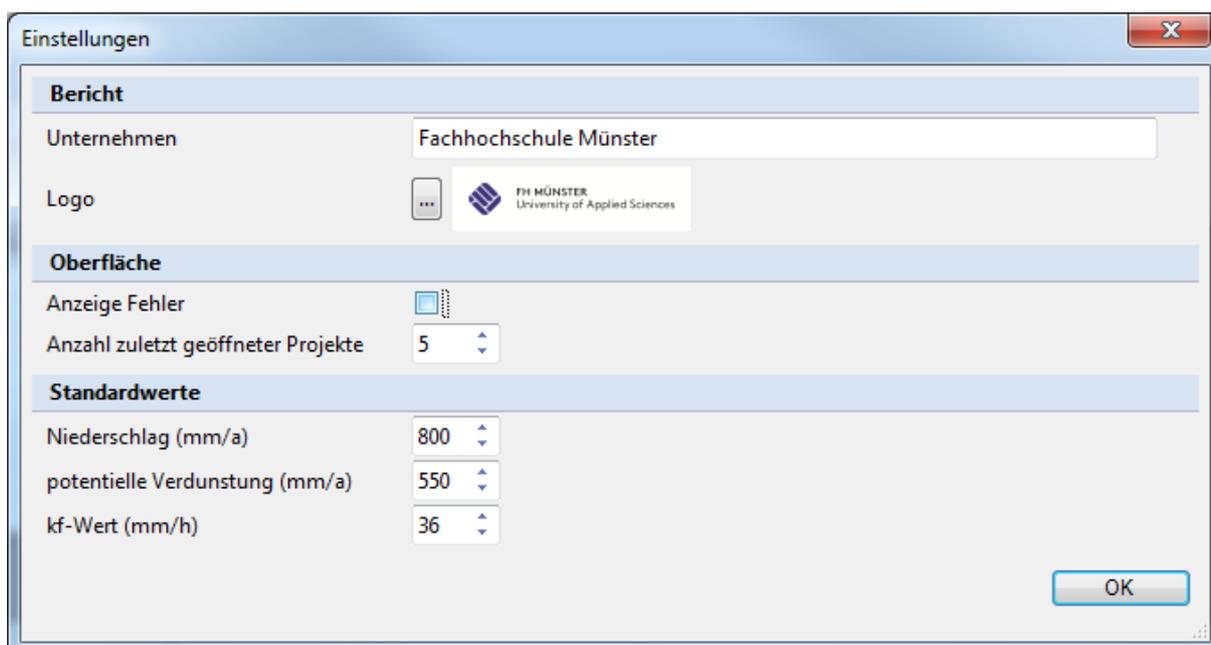


Bild 24: Optionen-Dialog

Im Bereich „Oberfläche“ kann die für die Anzeige „Datei/Zuletzt geöffnet“ die Anzahl der Dateien eingegeben werden. Wenn bei „Anzeige Fehler“ ein Haken gesetzt wird, wird bei jedem Fehler in der Wasserbilanzberechnung ein Benachrichtigungsdialog angezeigt.

Im Bereich „Standardwerte“ können Werte für den Niederschlag, die potentielle Verdunstung sowie den kf-Wert als Standardwerte für neue Projekte gesetzt werden.

## Literaturverzeichnis

- DWA-A 102 (2016): Niederschlagsbedingte Siedlungsabflüsse - Grundsätze und Anforderungen zum Umgang mit Regenwetterabflüssen (Gelbdruck, Oktober 2016). Hennef: DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
- DWA-A 138 (2005): Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
- Helton, J. C. und Davis, F. J. (2003): Latin hypercube sampling and the propagation of uncertainty in analyses of complex systems. In: Reliability Engineering and System Safety, 81(1), S. 23–69.
- Henrichs, M., Langner, J., und Uhl, M. (2016): Development of a simplified urban water balance model (WABILA). In: Water Science and Technology, 73(8), S. 1785–1795.
- Henrichs, M., Leutnant, D., Kliewer, D., Hörnschemeyer, B., Schleifenbaum, R., Langner, J., und Uhl, M. (2017): Die Stadt als hydrologisches System im Wandel - Schritte zu einem anpassungsfähigen Management des urbanen Wasserhaushaltes (SAMUWA). Schlussbericht. BMBF Förderkennzeichen 033W004J Münster: Fachhochschule Münster, Institut für Wasser-Ressourcen-Umwelt (IWARU).
- Jayasooriya, V. M. und Ng, A. W. M. (2014): Tools for Modeling of Stormwater Management and Economics of Green Infrastructure Practices: a Review. In: Water Air and Soil Pollution, 225(8), S. 20.
- Langner, J. (2013): Herleitung von Systemfunktionen von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen für ein vereinfachtes Wasserbilanzmodell. Masterarbeit. Fachhochschule Münster, Institut für Wasser-Ressourcen-Umwelt (IWARU), Münster.
- Meßer, J. und Gall, S. (2016): Angepasste Regenwasserversickerung als Kompensation des Eingriffs in die Grundwasserneubildung durch Bebauung. In: Korrespondenz Abwasser, Abfall, 63(1), S. 22–27.
- Rossman, L. A. (2010): Storm Water Management Model - User's Manual Version 5.0. , S. 285, Cincinnati, OH, USA: United States Environmental Protection Agency (US EPA).
- Uhl, M., Langner, J., und Henrichs, M. (2013): Bilanzierung des Wasserhaushaltes in Siedlungen. In: Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft (ISWA) (Hrsg.): Management des urbanen Wasserhaushalts - mehr als nur Kanalnetzplanung. Bd. 217, München: Kommissionsverlag Oldenbourg Industrieverlag.

## Anhang

<b>Anhang 1</b>	<b>WABILA Systemfunktionen .....</b>	<b>24</b>
Anhang 1.1	Bezeichnungen .....	24
Anhang 1.2	Aufteilungswerte für Flächen .....	26
Anhang 1.2.1	Berechnungsansatz B.1.1: Steildach (alle Deckungsmaterialien), Flachdach (Metall, Glas) .....	27
Anhang 1.2.2	Berechnungsansatz B.1.2: Flachdach (Dachpappe, Faserzement, Kies), Asphalt, fugenloser Beton, Pflaster mit dichten Fugen .....	27
Anhang 1.2.3	Berechnungsansatz B.1.3: Gründach .....	28
Anhang 1.2.4	Berechnungsansatz B.1.4: Einstaudach (Speicherhöhe > 3 mm) .....	29
Anhang 1.2.5	Berechnungsansatz B.1.5: teildurchlässige Flächenbeläge (Fugenanteil 2% bis 5%)..	30
Anhang 1.2.6	Berechnungsansatz B.1.6: teildurchlässige Flächenbeläge (Fugenanteil 6% – 10%) ..	31
Anhang 1.2.7	Berechnungsansatz B.1.7: teildurchlässige Flächenbeläge (Porensteine, Sickersteine), Kiesbelag, Schotterrasen .....	32
Anhang 1.2.8	Berechnungsansatz B.1.8: Rasengittersteine .....	33
Anhang 1.2.9	Berechnungsansatz B.1.9: Wassergebundene Decke .....	34
Anhang 1.3	Aufteilungswerte für Anlagen .....	35
Anhang 1.3.1	Berechnungsansatz B.2.1: Flächenversickerung .....	36
Anhang 1.3.2	Berechnungsansatz B.2.2: Versickerungsmulde .....	37
Anhang 1.3.3	Berechnungsansatz B.2.3: Mulde-Rigolen-Elemente .....	38
Anhang 1.3.4	Berechnungsansatz B.2.4: Mulden-Rigolen-System .....	39
Anhang 1.3.5	Berechnungsansatz B.2.5: Regenwassernutzung .....	40
Anhang 1.3.6	Berechnungsansatz B.2.6: Teichanlage mit Zufluss von befestigten Flächen .....	42

## Anhang 1 WABILA Systemfunktionen

### Anhang 1.1 Bezeichnungen

Zeichen	Einheit	Benennung
a	-	Aufteilungswert für den Direktabfluss (RD)
g	-	Aufteilungswert für die Grundwasserneubildung (GWN)
v	-	Aufteilungswert für die Verdunstung ( $ET_a$ )
e	-	Aufteilungswert für Betriebswasser (Entnahme bei Regenwassernutzung)
Index „F“	-	im Zusammenhang mit a, g, v : Fläche
Index „A“	-	im Zusammenhang mit a, g, v, e : Anlage
P	mm/a	Jahresniederschlag
$ET_p$	mm/a	potentielle Verdunstung
Sp	mm	Speicherhöhe
$k_f$	mm/h	Durchlässigkeitsbeiwert
WP	-	Welkepunkt
$WK_{max}$	-	maximale Wasserspeicherkapazität des Bodens
FA	%	Fugenanteil
$q_{Dr}$	l/(s·ha)	Drosselabflusspende
h	mm	Höhe / Aufbauhöhe
$A_u$	m <sup>2</sup>	undurchlässige Fläche
$A_s$	m <sup>2</sup>	Versickerungsfläche
$A_{s,M}$	m <sup>2</sup>	Versickerungsfläche einer Mulde

## Anhang 1: WABILA-Systemfunktionen

Zeichen	Einheit	Benennung
VSp	mm	spezifisches Speichervolumen
VBr	mm/d	Spezifisches Betriebswasservolumen in Bezug auf die angeschlossene, abflusswirksame Fläche
VBw	l/(m <sup>2</sup> *a)	Jahresbedarf für Bewässerung $VBw = VBw1 \cdot VBw2$
VBw1	(-)	Anteil der Bewässerungsfläche in Bezug auf die an die Regenwassernutzung angeschlossene abflusswirksame Fläche ( $VBw1 = \frac{A_{Bewässerung}}{A_u}$ )
VBw2	l/(m <sup>2</sup> *a)	Spezifischer Jahresbedarf für Bewässerung
Vn <sub>min</sub>	(mm/a)	Spezifisches Nutzvolumen $Vn_{min} = \min(P; 365 \cdot VBr + VBw)$
BA <sub>S</sub>	%	Anteil der Fläche einer Flächenversickerung in Bezug auf die angeschlossene, abflusswirksame Fläche ( $BA_S = \frac{A_S}{A_u}$ )
BA <sub>S,M</sub>	%	Anteil der Fläche der Versickerungsfläche einer Mulde in Bezug auf die angeschlossene, abflusswirksame Fläche ( $BA_{S,m} = \frac{A_{S,m}}{A_u}$ )

**Anhang 1.2 Aufteilungswerte für Flächen**

Flächentyp	Spezifikation	Aufteilungswerte			
		Berechnungs- ansatz	Direktabfluss	Grundwasserneubildung	Verdunstung
			$a_F$	$g_F$	$v_F$
Dach	Steildach, alle Deckungsmaterialien	B.1.1	$f(P, ET_p, Sp)$	0	$1-a_F$
	Flachdach (Metall, Glas)	B.1.1	$f(P, ET_p, Sp)$	0	$1-a_F$
	Flachdach (Dachpappe, Faserzement)	B.1.2	$f(P, ET_p, Sp)$	0	$1-a_F$
	Flachdach (Kies)	B.1.2	$f(P, ET_p, Sp)$	0	$1-a_F$
	Gründach	B.1.3	$f(P, ET_p, h, k_f, WK_{max}, WP)$	0	$1-a_F$
	Einstaudach	B.1.4	$f(P, ET_p, Sp)$	0	$1-a_F$
Straße, Weg, Platz	Asphalt, fugenloser Beton	B.1.2	$f(P, ET_p, Sp)$	0	$1-a_F$
	Pflaster mit dichten Fugen	B.1.2	$f(P, ET_p, Sp)$	0	$1-a_F$
	teildurchlässige Flächenbeläge (Fugenanteil 2% bis 5%)	B.1.5	$f(P, FA, Sp, WK_{max}, WP, k_f)$	$f(ET_p, FA, Sp, WK_{max}, WP, k_f)$	$f(P, ET_p, FA, Sp)$
	teildurchlässige Flächenbeläge (Fugenanteil 6% bis 10%)	B.1.6	$f(P, FA, Sp, WK_{max}, WP, k_f)$	$f(P, ET_p, FA, Sp, k_f)$	$f(P, ET_p, FA, Sp)$
	teildurchlässige Beläge (Porensteine, Sick- ersteine)	B.1.7	$f(P, Sp, h, k_f)$	$f(P, ET_p, Sp, h, k_f)$	$f(P, ET_p, Sp, h, k_f)$
	Kiesbelag, Schotterrasen	B.1.7	$f(P, Sp, h, k_f)$	$f(P, ET_p, Sp, h, k_f)$	$f(P, ET_p, Sp, h, k_f)$
	Rasengittersteine (Fugenanteil 20% – 30%)	B.1.8	$f(FA, Sp, WK_{max}, WP)$	$f(P, ET_p, Sp, WK_{max}, WP)$	$f(P, ET_p, Sp, WK_{max}, WP)$
	wassergebundene Decke	B.1.9	$f(P, ET_p, Sp, k_f)$	$f(P, ET_p, Sp, h, k_f)$	$f(P, ET_p, Sp, h, k_f)$

Flächentyp	Spezifikation	Aufteilungswerte			
		Berechnungs- ansatz	Direktabfluss	Grundwasserneubildung	Verdunstung
			$a_F$	$g_F$	$v_F$
wasser- wirt- schaftliche Anlage	geschlossenes Becken, befestigt	B.2.6	Berechnung mit Ansatz gemäß dem Oberflächenmaterial		
	geschlossenes Becken, begrünt		0,1	0,3	0,6
	offene Wasserfläche		$1-v_A$	0	$f(P, ET_p)$
Grünfläche	Garten, Grünflächen		Aufteilungsfaktoren gemäß dem unbebauten Zustand		

### Anhang 1.2.1 Berechnungsansatz B.1.1: Steildach (alle Deckungsmaterialien), Flachdach (Metall, Glas)

$$a_F = 0,9115 + 0,00007063 \cdot P - 0,000007498 \cdot ET_p - 0,2063 \cdot LN(Sp + 1)$$

Parameter	Kurz	Einheit	Gültigkeitsbereich		Empfehlung
			Minimum	Maximum	
mittlere Niederschlagshöhe	P	mm/a	500	1700	
mittlere Verdunstungshöhe	$ET_p$	mm/a	450	700	
Speicher (Steildach)	$Sp$	mm	0,1	0,6	0,3
Speicher (Flachdach mit Glas, Metalldeckung)	$Sp$	mm	0,1	0,6	0,6

### Anhang 1.2.2 Berechnungsansatz B.1.2: Flachdach (Dachpappe, Faserzement, Kies), Asphalt, fugenloser Beton, Pflaster mit dichten Fugen

$$a_F = 0,8658 + 0,0001659 \cdot P - 0,00009945 \cdot ET_p - 0,1542 \cdot \ln(Sp + 1)$$

Parameter	Kurz	Einheit	Gültigkeitsbereich		Empfehlung
			Minimum	Maximum	
mittlere Niederschlagshöhe	P	mm/a	500	1700	
mittlere Verdunstungshöhe	ET <sub>p</sub>	mm/a	450	700	
Speicher (Flachdach rauhe Deckung)	Sp	mm	0,6	3	1
Speicher (Kiesdach)	Sp	mm	0,6	3	2
Speicher (Asphalt, fugenloser Beton)	Sp	mm	0,6	3	2,5
Speicher (Pflaster mit dichten Fugen)	Sp	mm	0,6	3	1,5

**Anhang 1.2.3 Berechnungsansatz B.1.3: Gründach**

$$a_F = -2,182 + 0,4293 \cdot \ln(P) - 0,0001092 \cdot P + \frac{236,1}{ET_p} + 0,0001142 \cdot h + 0,0002297 \cdot k_f + 0,01628 \cdot \ln(WK_{max} - WP) - 0,1214 \cdot \ln((WK_{max} - WP) \cdot h)$$

Parameter	Kurz	Einheit	Gültigkeitsbereich		Empfehlung
			Minimum	Maximum	
mittlere Niederschlagshöhe	P	mm/a	500	1700	
mittlere Verdunstungshöhe	ET <sub>p</sub>	mm/a	450	700	
Aufbauhöhe	h	mm	40	500	
Wasserdurchlässigkeit	k <sub>f</sub>	mm/h	18	100	70
Differenz zwischen maximaler Wasserkapazität und Welkepunkt	WK <sub>max</sub> -WP	-	0,35	0,65	0,5

Nähere Angaben über Gründächer: Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen, Ausgabe 2008, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL) Ausgabe 2008

maximale Wasserkapazität WK<sub>max</sub>: Tabelle 12 (FLL-Richtlinie 2008) , Welkepunkt WP = 0,05 (näherungsweise)

### Anhang 1.2.4 Berechnungsansatz B.1.4: Einstaudach (Speicherhöhe > 3 mm)

$$a_F = 0,9231 + 0,000254 \cdot P - 0,0003226 \cdot ET_p - 0,1472 \cdot \ln(Sp + 1)$$

Parameter	Kurz	Einheit	Gültigkeitsbereich		Empfehlung
			Minimum	Maximum	
mittlere Niederschlagshöhe	P	mm/a	500	1700	
mittlere Verdunstungshöhe	ET <sub>p</sub>	mm/a	450	700	
Speicher	Sp	mm	3	10	5

**Anhang 1.2.5 Berechnungsansatz B.1.5: teildurchlässige Flächenbeläge (Fugenanteil 2% bis 5%)**

$$a_F = 0,0800734 \cdot LN(P) - 0,0582828 \cdot FA - 0,0501693 \cdot Sp - 0,385767 \cdot (WK_{max} - WP) + \frac{8,7040284}{11,9086896 + k_f}$$

$$g_F = -0,2006 - 0,000253 \cdot ET_p + 0,05615 \cdot FA - 0,0636 \cdot LN(1 + Sp) + 0,1596 \cdot LN(1 + k_f) + 0,2778 \cdot (WK_{max} - WP)$$

$$v_F = 0,8529 - 0,1248 \cdot LN(P) + 0,00005057 \cdot ET_p + 0,002372 \cdot FA + 0,1583 \cdot LN(1 + Sp)$$

Parameter	Kurz	Einheit	Gültigkeitsbereich		Empfehlung
			Minimum	Maximum	
mittlere Niederschlagshöhe	P	mm/a	500	1700	
mittlere Verdunstungshöhe	ET <sub>p</sub>	mm/a	450	700	
Fugenanteil	FA	%	2	6	4
Speicher	Sp	mm	0,1	2	1
Differenz zwischen maximaler Wasserkapazität und Welkepunkt	WK <sub>max</sub> -WP	-	0,1	0,2	0,15
Durchlässigkeitsbeiwert Fugenmaterial	k <sub>f</sub>	mm/h	6	100	18

**Anhang 1.2.6 Berechnungsansatz B.1.6: teildurchlässige Flächenbeläge (Fugenanteil 6% – 10%)**

$$a_F = 0,05912 \cdot \ln(P) - 0,02749 \cdot FA - 0,03671 \cdot Sp - 0,30514 \cdot (WK_{\max} - WP) + \frac{4,97687}{4,7975 + k_f}$$

$$g_F = 0,00004941 \cdot P - 0,0002817 \cdot ET_p + 0,02566 \cdot FA - 0,03823 \cdot Sp + 0,691 \cdot e^{\frac{-6,465}{k_f}}$$

$$v_F = 0,9012 - 0,1325 \cdot \ln(P) + 0,00006661 \cdot ET_p + 0,002302 \cdot FA + 0,1489 \cdot \ln(1 + Sp)$$

Parameter	Kurz	Einheit	Gültigkeitsbereich		Empfehlung
			Minimum	Maximum	
mittlere Niederschlagshöhe	P	mm/a	500	1700	
mittlere Verdunstungshöhe	ET <sub>p</sub>	mm/a	450	700	
Fugenanteil	FA	%	6	10	8
Speicher	Sp	mm	0,1	2	1
Differenz zwischen maximaler Wasserkapazität und Welkepunkt	WK <sub>max</sub> - WP	-	0,1	0,2	0,15
Durchlässigkeitsbeiwert Fugenmaterial	k <sub>f</sub>	mm/h	6	100	36

### Anhang 1.2.7 Berechnungsansatz B.1.7: teildurchlässige Flächenbeläge (Porensteine, Sickersteine), Kiesbelag, Schotterrasen

$$a_F = 0,000001969 \cdot P - 0,005116 \cdot \ln(Sp) - 0,0001051 \cdot h + 0,01753 \cdot e^{\frac{4,576}{k_f}}$$

$$g_F = 0,2468883 \cdot \ln(P) - 0,0003938 \cdot ET_p + 0,0017083 \cdot Sp - 0,0015998 \cdot h - 0,6703502 \cdot e^{\frac{0,1122885}{k_f}}$$

$$v_F = 0,2111 - 0,2544 \cdot \ln(P) + 0,2073 \cdot \ln(ET_p) + 0,0006249 \cdot Sp + 0,123 \cdot \ln(h) - 0,000002806 \cdot k_f$$

Parameter	Kurz	Einheit	Gültigkeitsbereich		Empfehlung
			Minimum	Maximum	
mittlere Niederschlagshöhe	P	mm/a	500	1700	
mittlere Verdunstungshöhe	ET <sub>p</sub>	mm/a	450	700	
Speicher	Sp	mm	2,5	4,2	3,5
Aufbauhöhe	h	mm	50	100	100
Durchlässigkeitsbeiwert	k <sub>f</sub>	mm/h	10	180	180

### Anhang 1.2.8 Berechnungsansatz B.1.8: Rasengittersteine

$$a_F = 0,145704 - 0,059177 \cdot \ln(FA) - 0,007354 \cdot Sp - 0,050531 \cdot \ln(WK_{max} - WP)$$

$$g_F = -0,02927 + 0,1483 \cdot \ln(P) - 0,000269 \cdot ET_p - 0,09913 \cdot \ln(1 + Sp) + 0,05222 \cdot (WK_{max} - WP)$$

$$v_F = 1,106 - 0,1625 \cdot \ln(P) + 0,0001282 \cdot ET_p + 0,1131 \cdot \ln(1 + Sp) + 0,2848 \cdot (WK_{max} - WP)$$

Parameter	Kurz	Einheit	Gültigkeitsbereich		Empfehlung
			Minimum	Maximum	
mittlere Niederschlagshöhe	P	mm/a	500	1700	
mittlere Verdunstungshöhe	ET <sub>p</sub>	mm/a	450	700	
Fugenteil	FA	%	20	30	25
Speicher	Sp	mm	0,1	2	1
Differenz zwischen maximaler Wasserkapazität und Welkepunkt	WK <sub>max</sub> -WP	-	0,1	0,2	0,15

### Anhang 1.2.9 Berechnungsansatz B.1.9: Wassergebundene Decke

$$a_F = 0,00004517 \cdot P - 0,03454 \cdot \ln(Sp) + \frac{0,1958}{0,2873 + k_f}$$

$$g_F = 0,19761 \cdot \ln(P) - 0,000506 \cdot ET_p + 0,016372 \cdot Sp - 0,001618 \cdot h - 0,327742 \cdot e^{\frac{0,346808}{k_f}}$$

$$v_F = 0,2111 - 0,2544 \cdot \ln(P) + 0,2073 \cdot \ln(ET_p) + 0,0006249 \cdot Sp + 0,123 \cdot \ln(h) - 0,000002806 \cdot k_f$$

Parameter	Kurz	Einheit	Gültigkeitsbereich		Empfehlung
			Minimum	Maximum	
mittlere Niederschlagshöhe	P	mm/a	500	1700	
mittlere Verdunstungshöhe	ET <sub>p</sub>	mm/a	450	700	
Aufbauhöhe	h	mm	50	100	100
Speicher	Sp	mm	2,5	4,2	3,5
Durchlässigkeitsbeiwert	k <sub>f</sub>	mm/h	0,72	10	1,8

**Anhang 1.3 Aufteilungswerte für Anlagen**

Anlagentyp	Spezifikation	Berechnungsansatz	Aufteilungswerte		
			Direktabfluss	Grundwasserneubildung	Verdunstung
			$a_A$	$g_A$	$v_A$
Ableitung	Rohr, Rinne, steiler Graben		1	0	0
	Flache Gräben mit Bewuchs (Fläche des Grabens $A_{\text{Graben}} > 2\%$ von angeschlossenem $A_U$ )		0,7	0,1	0,2
Versickerung	Versickerungsfläche	B.2.1	$f(P, BA_S)$	$f(P, ET_p, BA_S)$	$f(P, ET_p, BA_S)$
	Versickerungsmulde	B.2.2	$1 - g_A - v_A$	$f(P, ET_p, BA_{S,M}, k_f)$	$f(P, ET_p, BA_{S,M}, k_f)$
	Versickerungsschacht, -rohr, -rigole		0,1	0,9	0
	Mulden-Rigolen-Element	B.2.3	$f(P, BA_{S,M}, k_f)$	$f(P, ET_p, BA_{S,M}, k_f)$	$f(P, ET_p, BA_{S,M}, k_f)$
	Mulden-Rigolen-System	B.2.4	$f(P, ET_p, BA_{S,M}, q_{dr}, k_f)$	$f(P, ET_p, BA_{S,M}, k_f)$	$f(P, ET_p, BA_{S,M}, q_{dr}, k_f)$
Regenwasser-nutzung	Regenwassernutzung <sup>#1)</sup>	B.2.5	$1 - v_A - e_A$	$e_a =$ $f(P, ET_p, VSp, VBr, VBw)$	$f(P, ET_p, VSp, VBr, VBw)$
Bauwerk der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung	Regenbecken ohne Dauerstau		1	0	0
	offenes Regenbecken mit Dauerstau	B.2.6	$1 - v_A$	0	$f(P, ET_p)$
	Retentionsbodenfilter		0,8	0	0,2

Teichanlage mit Zufluss von befestigten Flächen	offene Wasserfläche	B.2.6	$1-v_A$	0	$f(P, ET_p)$
---	---------------------	-------	---------	---	--------------

#1) für die Regenwassernutzung wird im Feld Grundwasserneubildung die Gleichung für den Aufteilungswert der Entnahme  $e_a$  aufgeführt

### Anhang 1.3.1 Berechnungsansatz B.2.1: Flächenversickerung

$$a_A = 0,004264 + 0,001121 \cdot \ln(P) - 0,002757 \cdot \ln(BA_S)$$

$$g_A = 0,6207904 + 0,0899322 \cdot \ln(P) - 0,0001152 \cdot ET_p - 0,0719723 \cdot \ln(BA_S)$$

$$v_A = 0,3999 - 0,09317 \cdot \ln(P) + 0,00009746 \cdot ET_p + 0,07474 \cdot \ln(BA_S)$$

Parameter	Kurz	Einheit	Gültigkeitsbereich		Empfehlung
			Minimum	Maximum	
mittlere Niederschlagshöhe	P	mm/a	500	1700	
mittlere Verdunstungshöhe	$ET_p$	mm/a	450	700	
Flächenanteil Versickerung	$BA_S$	%	$66394 \cdot k_f^{-1,197}$	$70910 \cdot k_f^{-1,117}$	$94741 \cdot k_f^{-1,195}$ #1)
Durchlässigkeitsbeiwert	$k_f$	mm/h	325	1100	

#1) Die Empfehlung berechnet einen Flächenanteil für die Versickerungsfläche, welcher in Bezug auf den Gültigkeitsbereich dem oberen Quartil entspricht. Diese Empfehlung stellt keine Dimensionierung gemäß DWA-A 138 (2005) dar, sondern ist als Orientierungswert für den Flächenbedarf der Versickerungsanlage anzusehen.

**Anhang 1.3.2 Berechnungsansatz B.2.2: Versickerungsmulde**

$$a_A = 1 - g - v$$

$$g_A = 0,8608 + 0,02385 \cdot \ln(P) - 0,00005331 \cdot ET_p - 0,002827 \cdot BA_{S,M} - 0,000002493 \cdot k_f + 0,0009514 \cdot \ln\left(\frac{k_f}{BA_{S,M}}\right)$$

$$v_A = 0,000008562 \cdot ET_p + \frac{2,611}{-64,35 + P} \cdot BA_{S,M}^{0,9425} - 0,000001211 \cdot k_f$$

Parameter	Kurz	Einheit	Gültigkeitsbereich		Empfehlung
			Minimum	Maximum	
mittlere Niederschlagshöhe	P	mm/a	500	1700	
mittlere Verdunstungshöhe	ET <sub>p</sub>	mm/a	450	700	
Flächenanteil Mulde	BA <sub>S,M</sub>	%	$27,14 \cdot k_f^{-0,303}$	$62,414 \cdot k_f^{-0,328}$	$42,323 \cdot k_f^{-0,314}$ #1)
Durchlässigkeitsbeiwert	k <sub>f</sub>	mm/h	14	3600	

#1) Die Empfehlung berechnet einen Flächenanteil der Mulde, welches in Bezug auf den Gültigkeitsbereich dem oberen Quartil entspricht. Diese Empfehlung stellt keine Dimensionierung gemäß DWA-A 138 (2005) dar, sondern ist als Orientierungswert für den Flächenbedarf der Mulde anzusehen. Der k<sub>f</sub>-Wert wird in mm/h eingegeben.

**Anhang 1.3.3 Berechnungsansatz B.2.3: Mulde-Rigolen-Elemente**

$$a_A = -0,03867 + 0,007684 \cdot LN(P) + 0,000003201 \cdot BA_{S,M} + 0,0002564 \cdot k_f - 0,0001187 \cdot BA_{S,M} \cdot k_f + 0,004161 \cdot LN\left(\frac{k_f}{BA_{S,M}}\right)$$

$$g_A = 0,8803 + 0,01866 \cdot LN(P) - 0,00004867 \cdot ET_p - 0,001997 \cdot BA_{S,M} + 0,0002365 \cdot k_f$$

$$v_A = 0,000008879 \cdot ET_p + \frac{2,528}{(-81,65 + P)} \cdot BA_{S,M}^{0,9496} - 0,00007768 \cdot k_f$$

Parameter	Kurz	Einheit	Gültigkeitsbereich		Empfehlung
			Minimum	Maximum	
mittlere Niederschlagshöhe	P	mm/a	500	1700	
mittlere Verdunstungshöhe	ET <sub>p</sub>	mm/a	450	700	
Flächenanteil Mulde	BA <sub>S,M</sub>	%	14,608 · k <sub>f</sub> <sup>-0,406</sup>	47,634 · k <sub>f</sub> <sup>-0,438</sup>	21,86 · k <sub>f</sub> <sup>-0,348</sup> #1)
Durchlässigkeitsbeiwert	k <sub>f</sub>	mm/h	3,6	36	

#1) Die Empfehlung berechnet einen Flächenanteil der Mulde des Mulde-Rigolen-Elementes, welches in Bezug auf den Gültigkeitsbereich dem oberen Quartil entspricht. Diese Empfehlung stellt keine Dimensionierung gemäß DWA-A 138 (2005) dar, sondern ist als Orientierungswert für den flächenbedarf der Mulde anzusehen. Der k<sub>f</sub>-Wert wird in mm/h eingegeben.

### Anhang 1.3.4 Berechnungsansatz B.2.4: Mulden-Rigolen-System

$$a_A = 0,8112 + 0,0003473 \cdot P - 0,00001845 \cdot ET_p - 0,04793 \cdot BA_{S,M} + 0,0007481 \cdot q_{Dr} - 0,4389 \cdot LN(k_f + 1)$$

$$g_A = 1,669 - 0,3005 \cdot LN(P) - 0,00006933 \cdot ET_p + 0,3044 \cdot LN(BA_{S,M}) + 0,4581 \cdot LN(k_f + 1)$$

$$v_A = 0,1428 - 0,02661 \cdot LN(P) + 0,00005668 \cdot ET_p + 0,0288 \cdot LN(BA_{S,M}) - 0,0001825 \cdot q_{Dr} - 0,01823 \cdot LN(k_f + 1)$$

Parameter	Kurz	Einheit	Gültigkeitsbereich		Empfehlung
			Minimum	Maximum	
mittlere Niederschlagshöhe	P	mm/a	500	1700	
mittlere Verdunstungshöhe	ET <sub>p</sub>	mm/a	450	700	
Flächenanteil Mulde	BA <sub>S,M</sub>	%			$11,79 - 3,14 \cdot LN(q_{Dr}) - 0,18594 \cdot k_f^{#1}$
Drosselabflussspende	q <sub>Dr</sub>	l/(s·ha)	1	10	
Durchlässigkeitsbeiwert	k <sub>f</sub>	mm/h	0,36	3,6	

<sup>#1)</sup> Die Empfehlung berechnet einen Flächenanteil der Mulde des Mulde-Rigolen-Elementes, welches in Bezug auf den Gültigkeitsbereich dem oberen Quartil entspricht. Diese Empfehlung stellt keine Dimensionierung gemäß DWA-A 138 (2005) dar, sondern ist als Orientierungswert für den flächenbedarf der Mulde anzusehen. Der k<sub>f</sub>-Wert wird in mm/h eingegeben.

### Anhang 1.3.5 Berechnungsansatz B.2.5: Regenwassernutzung

$$a_a = 1 - v_A - e_A$$

Aufteilungswert für Nutzung zur Bewässerung (Verdunstung)

$$v_A = \begin{cases} \text{wenn } VBW = 0; v_A = 0 \\ \text{wenn } VBW > 0; v_A = f(P, ET_p, VBW, VBr, VSp) \end{cases}$$

$$v_A = -0,0001927 \cdot P + 0,0001831 \cdot ET_p + 0,0006083 \cdot VBW - 0,0000003127 \cdot VBW^2 - 0,3092 \cdot e^{\left(\frac{3,269}{VSp}\right)} + \frac{1,424}{2,782 + VBr} + 0,0001885 \cdot Vn_{min}$$

Aufteilungswert für Nutzung als Betriebswasser (Entnahme)

$$e_A = \begin{cases} \text{wenn } VBr = 0; e_A = 0 \\ \text{wenn } VBr > 0; e_A = f(P, ET_p, VBW, VBr, VSp) \end{cases}$$

$$e_A = 0,4451 - 0,0003529 \cdot P - 0,00007728 \cdot ET_p + 0,06821 \cdot \text{Log}(VSp) - 0,0002507 \cdot VBW + 0,2349 \cdot \text{Log}(VBr) + 0,0001738 \cdot Vn_{min}$$

## Anhang 1: WABILA-Systemfunktionen

Parameter	Kurz	Einheit	Gültigkeitsbereich		Empfehlung
			Minimum	Maximum	
mittlere Niederschlagshöhe	P	mm/a	500	1700	
mittlere Verdunstungshöhe	$ET_p$	mm/a	450	700	
spezifisches Speichervolumen in Bezug auf die angeschlossene, abflusswirksame Fläche	VSp	mm	10	200	
Betriebswasservolumen in Bezug auf die angeschlossene, abflusswirksame Fläche	VBr	mm/d	0	5	
Anteil der Bewässerungsfläche in Bezug auf die angeschlossene, abflusswirksame Fläche	VBw1	-	0	5	2
Spezifischer Jahresbedarf für Bewässerung	VBw2	l/(m <sup>2</sup> *a)	0	200	60

Mit  $Vn_{min} = \min(P; 365 \cdot VBr + VBw)$  und  $VBw = VBw1 \cdot VBw2$

### Anhang 1.3.6 Berechnungsansatz B.2.6: Teichanlage mit Zufluss von befestigten Flächen

$$v_A = \frac{ET_p \cdot A_{Teich}}{P \cdot (A_{Teich} + \sum_{i=1}^n (A_{zu,i} \cdot a_{zu,i}))}$$

Prüfe:  $0 < v_A < 1$ ,  $0 < a_A < 1$

Parameter	Kurz	Einheit	Gültigkeitsbereich		Empfehlung
			Minimum	Maximum	
mittlere Niederschlagshöhe	P	mm/a	500	1700	
mittlere Verdunstungshöhe	ET <sub>p</sub>	mm/a	450	700	
Oberfläche des Teiches	A <sub>Teich</sub>	m <sup>2</sup>	-	-	-
Fläche i, die ihren Abfluss zum Teich leitet	A <sub>zu,i</sub>	m <sup>2</sup>	-	-	-
Aufteilungsfaktor der Fläche i, die ihren Abfluss zum Teich leitet	a <sub>zu,i</sub>	-	-	-	-