www.dwa.de/software

DWA
Klare Konzepte. Saubere Umwelt.

DWA-Software

Wasserbilanz-Expert – Handbuch

Software zum Merkblatt DWA-M 102-4
Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer

Münster/Hennef, Februar 2026

IWARU Institut für Infrastruktur · Wasser · Ressourcen · Umwelt

FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis **3**

Lizenz- und Nutzungsbedingungen **5**

1 Einführung **8**

2 Fachlicher Hintergrund **9**
2.1 Kurzeinführung Wasserhaushaltsnachweis nach DWA-M 102-4 9
2.1.1 Grundlagen des Wasserhaushaltsnachweises 9
2.1.2 Zielgröße: Wasserbilanz für den unbebauten Zustand 10
2.1.3 Abweichung vom unbebauten Zustand 10
2.2 Modellkonzept und Herleitung der Systemfunktionen 11
2.2.1 Herleitung der Systemfunktionen 11
2.2.2 Auswahl von Klima und Niederschlagsdaten 11
2.3 Planungsbeispiel 12

3 Softwareanwendung **15**
3.1 Installation und Registrierung 15
3.1.1 Demoversion 15
3.1.2 Registrierung 16
3.2 Softwareoberfläche 17
3.3 Projektverwaltung 18
3.4 Eingabe der Grunddaten inkl. unbebauter Referenzzustand 18
3.5 Modellierung eines bebauten Zustands 21
3.5.1 Verwaltung von Elementen 21
3.5.2 Bearbeitung von Elementparametern (Flächen und Anlagen) 24
3.5.3 Bearbeitung von Elementparametern (Vegetationsflächen) 24
3.5.4 Parameterwerte mehrerer Elemente ändern 25
3.5.5 Import von Elementen aus Textdateien 26
3.6 Variantenmanagement 27
3.7 Ergebnisse und Visualisierung 28
3.7.1 Ergebnistabelle 28
3.7.2 Abweichungen 29
3.7.3 Wasserbilanz 29
3.7.4 Wasserbilanz Dreieck 30
3.8 Plausibilitätsprüfung und Fehlermeldungen 31
3.8.1 Statusleiste 31
3.8.2 Fehlermeldungen 32
3.9 Bericht 32
3.9.1 Bericht ausgeben 32
3.9.2 Logo einrichten 33
3.10 Einstellungen und Hilfe 34

Literaturverzeichnis **36**

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung/ Formelzeichen	Einheit	Bedeutung
a	-	Aufteilungswert für den Direktabfluss (R_D)
BWK	-	Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e. V.
DIN	-	Deutsches Institut für Normung e. V.
DWA	-	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
ET_a	mm/a	Mittlere jährliche aktuelle Evapotranspiration (Verdunstung)
ET_p	mm/a	Mittlere jährliche potenzielle Evapotranspiration (Verdunstung)
FAO	-	Food and Agriculture Organization of the United Nations (Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen)
g	-	Aufteilungswert für die Grundwasserneubildung (GWN)
GWN	mm/a	Mittlere jährliche Grundwasserneubildung
HGB	-	Handelsgesetzbuch
k_f	mm/h	Durchlässigkeitsbeiwert
LID	-	Low Impact Development
nFK	%	Nutzbare Feldkapazität
P	mm/a	Mittlere jährliche Niederschlagshöhe
q_{Dr}	l/(s·ha)	Drosselabflussspende
R_B	mm/a	Mittlere jährliche Basisabflusshöhe
R_D	mm/a	Mittlere jährliche Direktabflusshöhe
$R_{D,O}$	mm/a	Mittlere jährliche Oberflächenabflusshöhe
RWB		Regenwasserbewirtschaftung
SAMUWA	-	Die Stadt als hydrologisches System im Wandel - Schritte zu einem anpassungsfähigen Management des urbanen Wasserhaushalts (BMBF-Verbundvorhaben Förderkennzeichen: 033W004J)
Sp	mm	Speicherhöhe
v	-	Aufteilungswert für die aktuelle Verdunstung (ET_a)
WaSig	-	Wasserhaushalt siedlungsgeprägter Gewässer (BMBF-Verbundvorhaben Förderkennzeichen 033W040A-H)

Abkürzung/ Formelzeichen	Einheit	Bedeutung
WABILA	-	Vereinfachtes Verfahren zur Berechnung des Wasserhaushalts in bebauten Gebieten; Wasserbilanz-Expert, Softwaretool
WK_{max}	-	Maximale Wasserkapazität des Bodens
WP	-	Welkepunkt

Lizenz- und Nutzungsbedingungen

§ 1 Gegenstand der Lizenzbedingungen

(1) Diese Lizenzbedingungen der Wasserbilanz-Expert-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 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 Permanentspeicher (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 Telediensstedatenschutzgesetzes 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 I Deutschland

Tel. + 49 2242 872 333
info@dwa.de
Vereinsregister: Amtsgericht Bonn, Nummer 20 VR 35 05.

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, Henrichs et al. 2017, Förderkennzeichen: 033W004J) entwickelt. Mit Veröffentlichung des Merkblatts DWA-M 102-4 wurde das Modell im Regelwerk umgesetzt.

Die Software Wasserbilanz-Expert setzt WABILA softwareseitig um und kann zur Durchführung des Wasserhaushaltsnachweises nach Merkblatt DWA-M 102-4 genutzt werden. Das Planungstool ermöglicht eine Auswahl standortgerechter Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung, um den lokal unterschiedlichen Erfordernissen des Wasserhaushaltes nahezukommen. Die Software ist dazu geeignet, mit überschaubarem Arbeitsaufwand und Datenbedarf im Rahmen der Bauleitplanung Entscheidungsprozesse zur Regenwasserbewirtschaftung zu unterstützen.

Zusammengefasst eignet sich die Software

- zur Durchführung des Wasserhaushaltsnachweises nach Merkblatt DWA-M 102-4 im Rahmen von Nachverdichtung oder der Gebietsentwicklung im Neubau.
- zur Entwicklung von strategischen (langjährigen) Maßnahmenkonzepten der Regenwasserbewirtschaftung sowie dem zugehörigen Variantenvergleich.
- zur Identifikation notwendiger blau-grüner Flächen im Rahmen von städtebaulichen Konzepten bzw. Entwürfen oder Bauleitplanverfahren.

Von der Nutzung innerhalb der konkreten Objektplanung (Bemessung) wird abgesehen.

2 Fachlicher Hintergrund

Die Software „Wasserbilanz-Expert“ stellt die softwareseitige Umsetzung des Wasserhaushaltsnachweises nach Merkblatt DWA-M 102-4 dar. Im Folgenden wird ein Überblick zum fachlichen Hintergrund der Software gegeben. Detaillierte Informationen können dem Merkblatt sowie der Fachveröffentlichung zur Herleitung des zugrundeliegenden Modells WABILA (HENRICHS et al. 2016, 2017) entnommen werden

2.1 Kurzeinführung Wasserhaushaltsnachweis nach DWA-M 102-4

2.1.1 Grundlagen des Wasserhaushaltsnachweises

Verschiedene Teilprozesse beeinflussen den Bodenwasserhaushalt und tragen zu den Wasserhaushaltsgrößen Verdunstung, Grundwasserneubildung und Abfluss bei. Für die Berechnung des Bodenwasserhaushaltes werden folgende Bilanzgrößen verwendet:

- Niederschlag **P**;
- aktuelle Evapotranspiration (Verdunstung) $\mathbf{ET_a}$ (bestehend aus Evaporation, Transpiration und Interzeptionsverdunstung);
- Grundwasserneubildung **GWN**;
- Abfluss **R** (bestehend aus Basisabfluss R_B und Direktabfluss R_D, der wiederum aus Oberflächenabfluss $R_{D,O}$ und Zwischenabfluss $R_{D,Z}$ besteht).

Die Bestimmungsgleichung für die einfache Wasserbilanz eines Gebiets lautet wie folgt:

$$P = R_D + GWN + ET_a \qquad \text{mm/a} \qquad (1)$$

Die Aufteilung der Niederschlagsanteile in die drei Komponenten Direktabfluss, Grundwasserneubildung und Verdunstung erfolgt durch dimensionslose Aufteilungswerte und kann wie folgt beschrieben werden:

Aufteilungswert für den Direktabfluss R_D: (2)

$$a = R_D / P$$

Aufteilungswert für die Grundwasserneubildung GWN: (3)

$$g = GWN / P$$

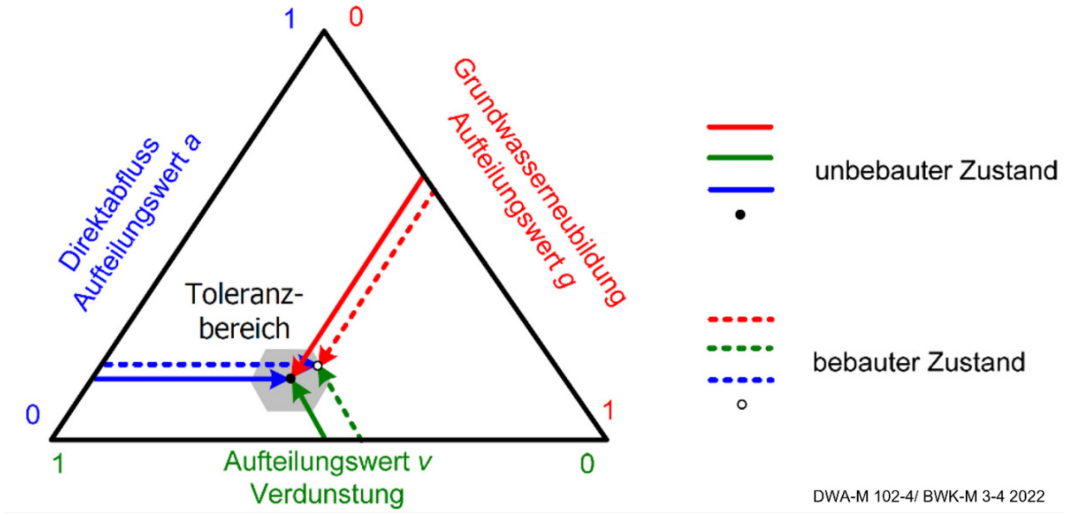
Aufteilungswert für die aktuelle Evapotranspiration ET_a (4)

$$v = ET_a / P$$

Die Aufteilungswerte liegen zwischen 0 und 1 und ergeben in Summe den Wert 1.

Die Arbeitsblätter DWA-A 102-1/BWK-A 3-1 und DWA-A 102-2/BWK-A 3-2 enthalten die Zielvorgabe „Erhalt des lokalen Wasserhaushalts" bezüglich der Emissionen. Diese umfasst die Planungsaufgabe, die drei Bilanzgrößen des bebauten Bilanzgebiets so weit wie möglich denen des unbebauten Referenzzustands im langjährigen Mittel anzunähern. Der Vergleich der Wasserbilanz zwischen bebautem und unbebautem Zustand sollte für Bilanzgebiete ab einer befestigten Fläche von etwa 800 m^2 (Relevanzgrenze gemäß DIN 1986-100 in Bezug auf den Überflutungsnachweis zur Grundstücksentwässerung) durchgeführt werden. Unabhängig von der Größe des Bilanzgebiets sollten geeignete Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung gewählt und langfristig rechtlich abgesichert werden.

Die Bilanzergebnisse können beispielsweise im hydrologischen Dreieck wie folgt dargestellt werden.



2.1.2 Zielgröße: Wasserbilanz für den unbebauten Zustand

Für den unbebauten Zustand des zu untersuchenden Gebiets werden die Bilanzgrößen auf Basis einer repräsentativen Nutzung der Kulturlandschaft festgelegt, wobei Siedlungs- und Verkehrsflächen ausgenommen sind. Dabei sollte, sofern verfügbare Daten von den zuständigen Behörden zur Verfügung stehen, auch die Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt berücksichtigt werden.

Zur Ermittlung der Wasserbilanz des unbebauten Zustands eignen sich die folgenden Verfahren:

- WaSig-Verfahren – siehe (SCHMIT et al. 2022; STEINBRICH et al. 2018; UNI FREIBURG 2023)
- GWneu – siehe (MEßER 2013)
- Hydrologischer Atlas Deutschland – siehe (Bafg 2023; BGR 2003)
- Ermittlung mit geeigneten Wasserhaushaltsmodellen

2.1.3 Abweichung vom unbebauten Zustand

Erste Analysen von Fallstudien und Berechnungsbeispielen zeigten, dass in Neubaugebieten durch die Nutzung unterschiedlicher Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung Abweichungen von weniger als 10 Prozentpunkten in den Aufteilungswerte a, g und v im Vergleich zum unbebauten Referenzzustand erzielt werden können (HENRICHS et al. 2015). Darauf aufbauend wird im Merkblatt DWA-M 102-4 die Abweichung von 5 bis 10 Prozentpunkten als Empfehlung einer möglichen Annäherung ausgesprochen. Diese Abweichung solle unter Berücksichtigung ökologischer, technischer und wirtschaftlicher Gesichtspunkte bewertet werden. Größere Abweichungen, die auf unvermeidbare Randbedingungen oder Zwänge zurückzuführen seien, müssen in angemessener Fachbegründung ausführlich erläutert und im Rahmen von Ersatz- und Ausgleichsregelungen geprüft werden.

Zu diskutieren sind bei diesen Abwägungen insbesondere lokale Randbedingungen, die die Erreichbarkeit der Zielgröße Wasserhaushalt maßgeblich beeinflussen. Dazu gehören beispielsweise lokale Bodenverhältnisse und Grundwasserstände, Altlasten, die Topographie sowie klimatische Randbedingungen.

2.2 Modellkonzept und Herleitung der Systemfunktionen

2.2.1 Herleitung der Systemfunktionen

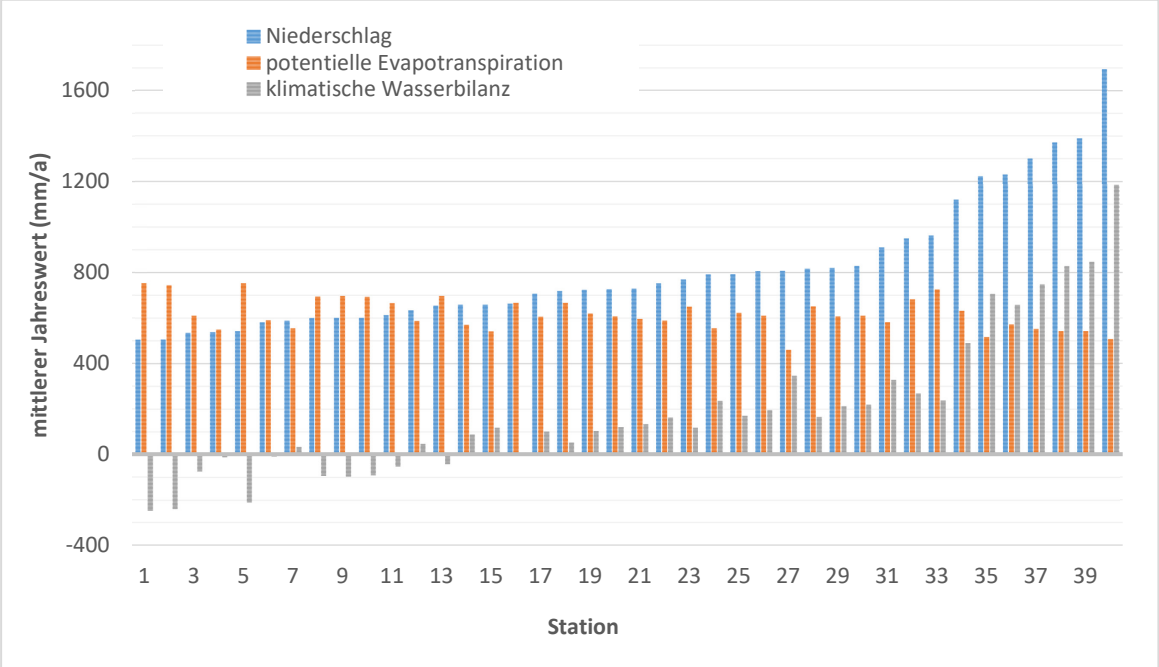
Die Herleitung der Systemfunktionen erfolgte mittels Simulationsmodell „Storm Water Management Model" der US EPA (SWMM, Rossman 2010). SWMM bietet über das „Subcatchment" und das RWB-Modul „LID" (Low Impact Development) die Möglichkeit sowohl urbane Oberflächen (wie z. B. Dächer, Pflasterflächen, Gründächer) als auch 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 wurden 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 Regenwasserbewirtschaftungsanlage 40.000 Langzeitsimulationen für die Kombination Parameterwerte und Niederschlagsstationen durchgeführt und die Aufteilungswerte a, g und v berechnet. Aus diesem Datenpool wurden die Aufteilungsfunktionen für die Flächen und Regenwasserbewirtschaftungsanlagen mittels linearer und nichtlinearer multipler Regression bestimmt. Anhand von Literaturangaben erfolgte eine Validierung bzw. Plausibilitätsprüfung der Berechnungsergebnisse.

Das Modell bietet Systemgleichungen für Flächen und Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen an (vgl. Merkblatt DWA-M 102-4). Die Systemfunktionen basieren grundsätzlich auf den sensitiven Parametern der 40.000 SWMM-Simulationen. Neben Niederschlag und potenzieller Verdunstung werden noch ein bis sechs weitere Parameter benötigt. Die vollständigen Systemgleichungen sind im Merkblatt DWA-M 102-4 aufgeführt.

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

2.2.2 Auswahl von Klima und Niederschlagsdaten

Für die Ermittlung der Aufteilungsfunktionen für unterschiedliche Flächen und Regenwasserbewirtschaftungsanlagen 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 potenzielle 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. Die Ergebnisse sind in folgender Abbildung dargestellt.



2.3 Planungsbeispiel

Anhand eines einfachen Planungsbeispiels soll das Konzept von Wasserbilanzrechnungen mit Wasserbilanz-Expert aufgezeigt werden. Ein ausführliches Anwendungsbeispiel inklusive Anwendungsempfehlungen wird auf der Produktwebseite der Software veröffentlicht.

Für ein Einfamilienhausgrundstück mit 500 m^2 Grundfläche werden drei verschiedene Planungsszenarien mit dem Wasserhaushalt im unbebauten Zustand verglichen. Die drei Planungsvarianten und die jeweiligen Wasserbilanzergebnisse sind in der folgenden Abbildung grafisch dargestellt.

Im unbebauten Zustand betragen die Aufteilungswerte für den Abfluss a = 0,10, für die Grundwasserneubildung g = 0,29 und für die Verdunstung v = 0,61. Der mittlere jährliche Niederschlag P liegt bei 800 mm/a, während die mittlere jährliche potenzielle Evapotranspiration ET_p bei 550 mm/a liegt.

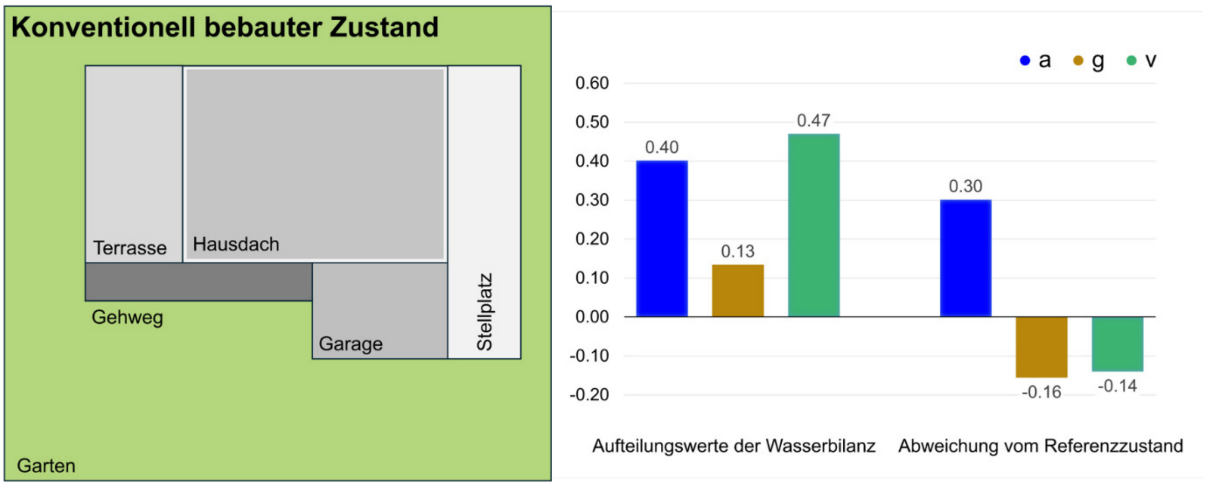
Planungsvariante 1 beschreibt einen konventionell bebauten Zustand. Die Dachflächen sind als Steil- und Flachdach geplant. Der gesamte Stellplatz ist als Asphaltfläche ausgebildet. Terrasse und Gehweg sind mit Pflastersteinen mit geringen Fugenanteilen ausgeführt. Das restliche Grundstück ist Gartenfläche. Das abfließende Niederschlagswasser wird in das Kanalnetz abgeleitet. Die dadurch entstehende Wasserbilanz weicht mit +30 Prozentpunkten im Abflussanteil deutlich vom unbebauten Zustand ab. Die Grundwasserneubildung und die Verdunstung fallen dadurch um –16 und -14 Prozentpunkte geringer aus (siehe Abbildung).

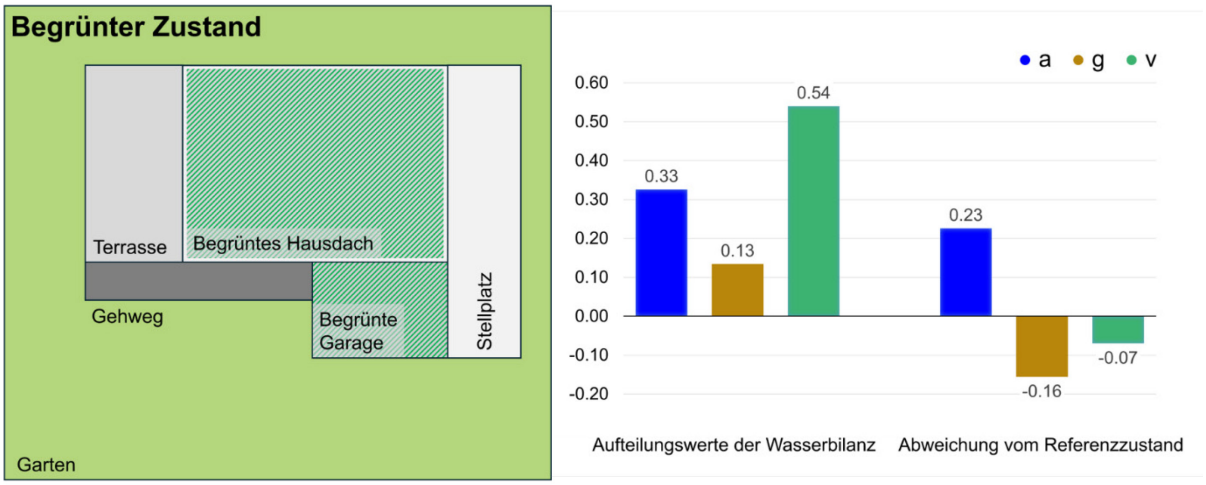
Planungsvariante 2 unterscheidet sich von einer konventionellen Bebauung lediglich durch die Begrünung der Dachflächen. Beide Dachflächen werden als extensives Gründach (Aufbaustärke 40 mm) ausgebildet. Durch die Begrünung erhöht sich der Anteil der Evapotranspiration, der Abflussanteil verringert sich. Die Abweichungen zum unbebauten Zustand betragen nun +23 Prozentpunkte im Abfluss und –7 Prozentpunkte in der Verdunstung (siehe Abbildung). Die Grundwasserneubildung bleibt unverändert bei einer Abweichung von –16 Prozentpunkten. Das abfließende Niederschlagswasser wird weiterhin in das Kanalnetz abgeleitet.

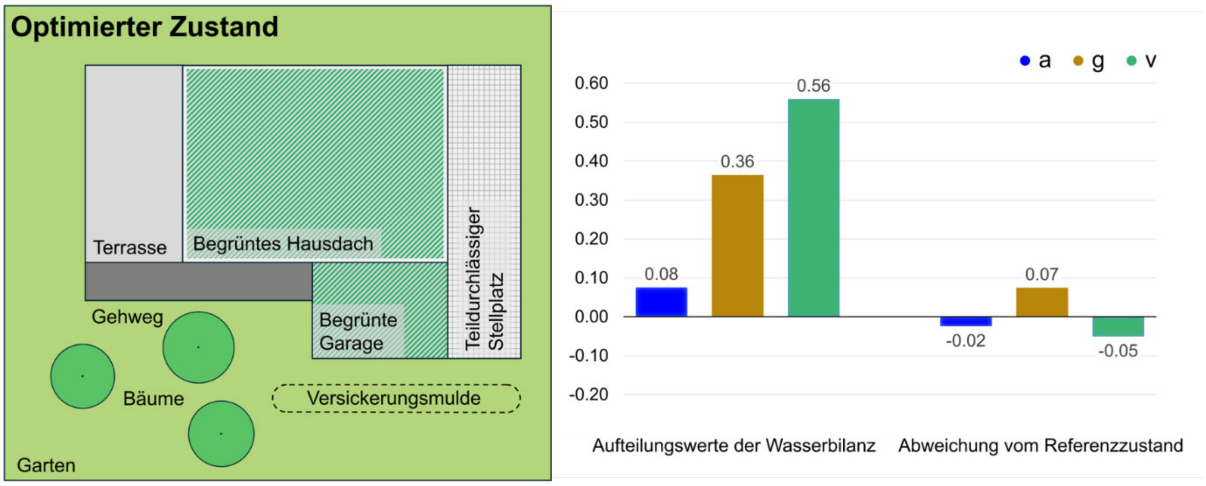
Planungsvariante 3 zeigt einen optimierten Zustand, in dem neben der Begrünung der Dachflächen weitere Maßnahmen umgesetzt werden. Dazu zählen die Ausführung von Stellplatz, Weg und Terrasse mit teildurchlässigen Porensteinen sowie die Installation einer Versickerungsmulde. Die Versickerungsmulde nimmt den abfließenden Niederschlag aller befestigten Flächen auf. Zur Erhöhung der Verdunstungsleistung werden drei Bäume innerhalb des Gartens gepflanzt. Die Maßnahmen führen zu einer weiteren Verringerung des Abflussanteils und zu einer weiteren Erhöhung der Evapotranspiration im Vergleich zu Planungsvariante 2. Die Grundwasserneubildung wird deutlich erhöht.

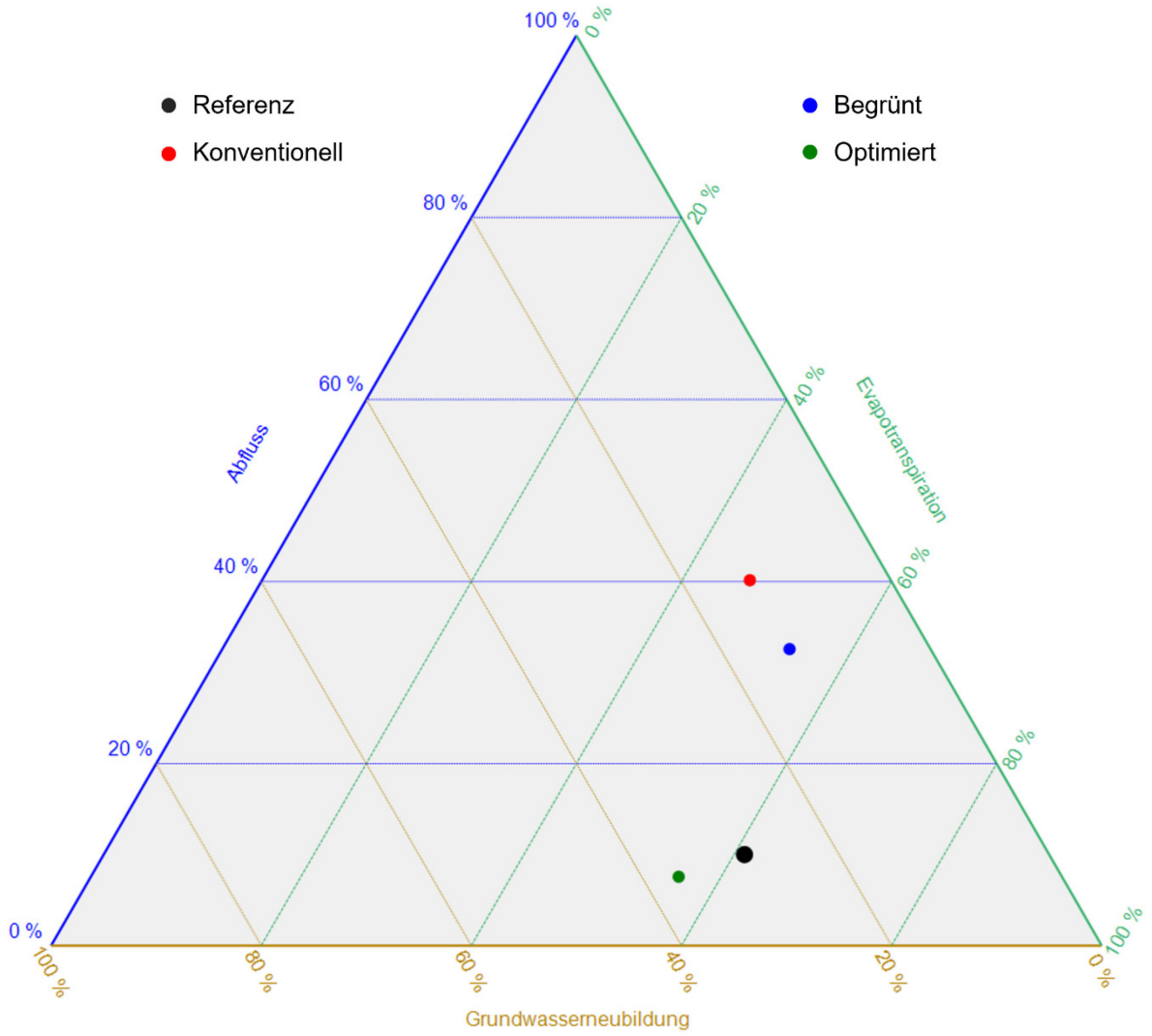
Die Wasserbilanz der optimierten Planungsvariante 3 nähert sich mit –2 Prozentpunkten im Abflussanteil, -5 Prozentpunkten in der Verdunstung und +7 Prozentpunkten in der Grundwasserneubildung an den unbebauten Zustand an (siehe Abbildung).

Die Abweichungen entsprechen somit der im Merkblatt DWA-M 102-4 ausgesprochenen Empfehlung einer Abweichung von ± 5-10 Prozentpunkten. Einen direkten Vergleich der Planungszustände bietet das unten dargestellte Wasserbilanzdreieck.


Konventionell bebauter Zustand
Terrasse
Hausdach
Gehweg
Garage
Stellplatz
Garten
a g v
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
-0.10
-0.20
0.40
0.13
0.47
0.30
-0.16
-0.14
Aufteilungswerte der Wasserbilanz
Abweichung vom Referenzzustand


Begrünter Zustand
Terrasse
Begrüntes Hausdach
Gehweg
Begrünte Garage
Stellplatz
Garten
a g v
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
-0.10
-0.20
0.33
0.13
0.54
0.23
-0.16
-0.07
Aufteilungswerte der Wasserbilanz
Abweichung vom Referenzzustand


Optimierter Zustand
Terrasse
Begrüntes Hausdach
Gehweg
Begrünte Garage
Teildurchlässiger Stellplatz
Bäume
Versickerungsmulde
Garten
a g v
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
-0.10
-0.20
0.08
0.36
0.56
-0.02
0.07
-0.05
Aufteilungswerte der Wasserbilanz
Abweichung vom Referenzzustand


Referenz
Konventionell
Begrünt
Optimiert
Abfluss
Evapotranspiration
Grundwasserneubildung
100 %
80 %
60 %
40 %
20 %
0 %

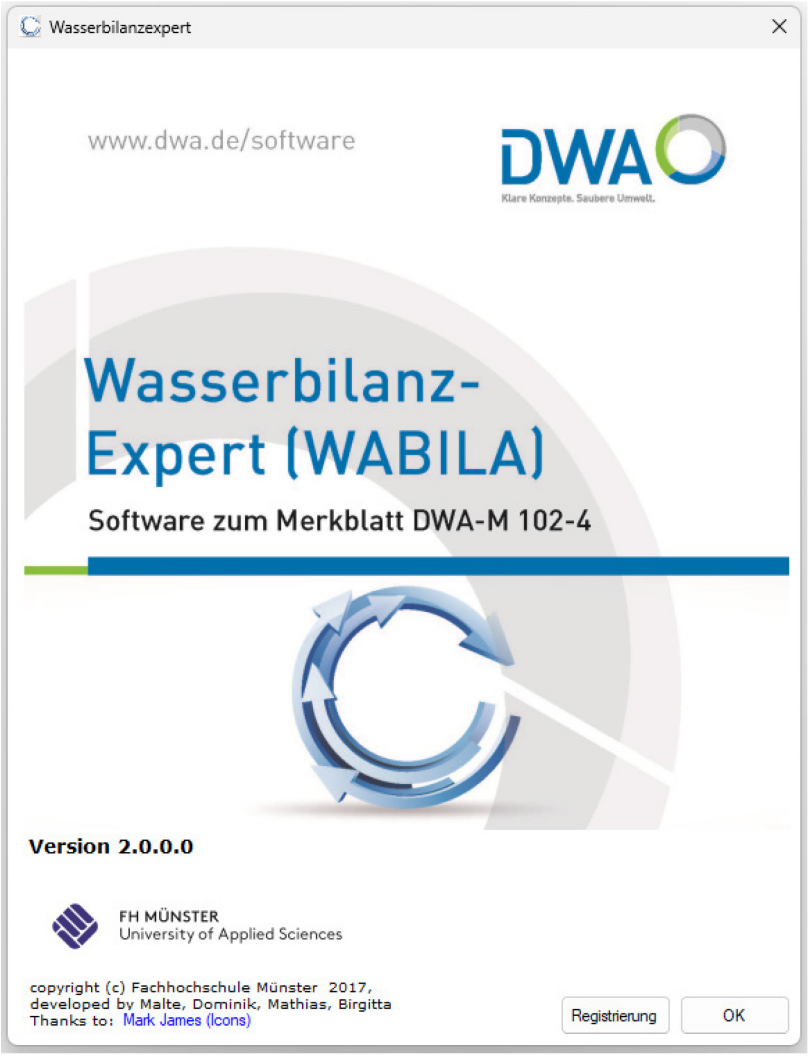
3 Softwareanwendung

3.1 Installation und Registrierung

Zur Installation von Wasserbilanz-Expert wird die heruntergeladene Zip-Datei entpackt und anschließend die Datei *setup.exe* gestartet.

3.1.1 Demoversion

Beim ersten Starten einer nicht registrierten Installation von Wasserbilanz-Expert erscheint folgender Info-Dialog.

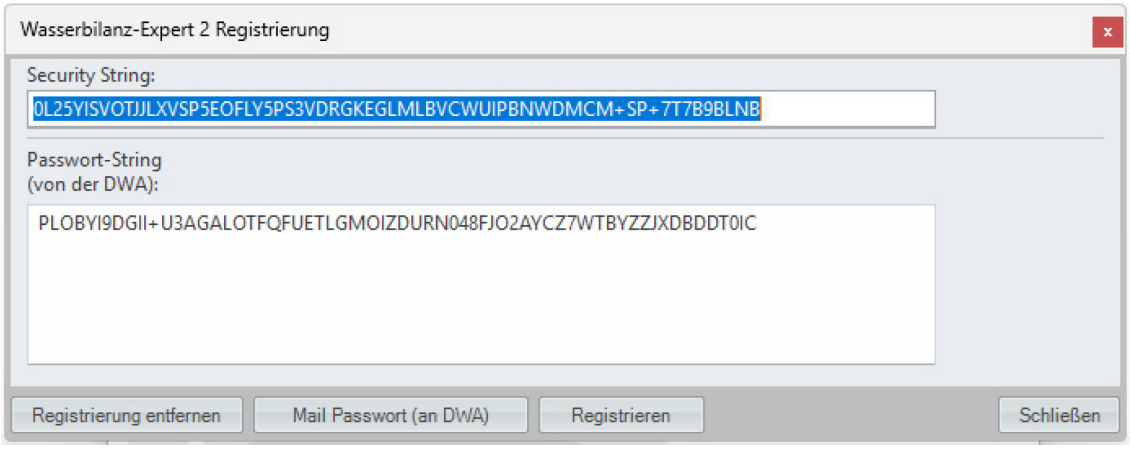


Über die Schaltfläche OK kann das Programm beendet oder im Demomodus mit verringertem Funktionsumfang gestartet werden.

In der Demoversion kann eine Variante mit maximal fünf Flächen oder Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen getestet werden. Regenwassernutzungsanlagen stehen nicht zur Verfügung. Des Weiteren können die Einzugsgebietsfläche, die Niederschlags- und Klimadaten sowie die Daten des unbebauten Referenzzustands nicht geändert werden.

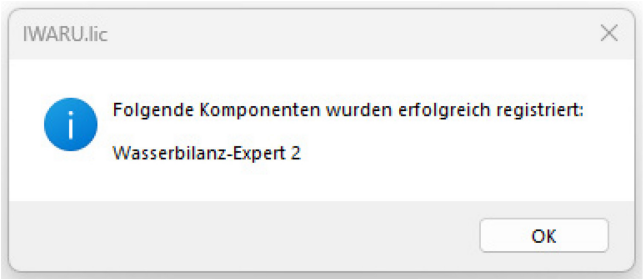
3.1.2 Registrierung

Nach dem Erwerb einer Lizenz erfolgt die Freischaltung des Programms über Registrierung .



Im Registrierungsdialog wird ein Secutrity String angezeigt. Dieser ist per Mail an die DWA (info@dwa.de) zu übermitteln, um den Password String zu erhalten. Die Übermittlung kann über Mail Passwort (an DWA) oder durch manuelles Kopieren erfolgen. Nach Eingang wird innerhalb der Bürozeiten ein Password String generiert und an Ihre bei der DWA angegebenen Kontaktadresse versendet.

Der erhaltene Code wird in das Feld Password String eingetragen. Mit Registrieren erfolgt die Prüfung und Freischaltung. Eine erfolgreiche Registrierung wird durch den folgenden Info-Dialog angezeigt.



Der Password String wird in den Benutzereinstellungen gespeichert, so dass bei nachfolgenden Starts von Wasserbilanz-Expert keine erneute Eingabe erforderlich ist.

3.2 Softwareoberfläche

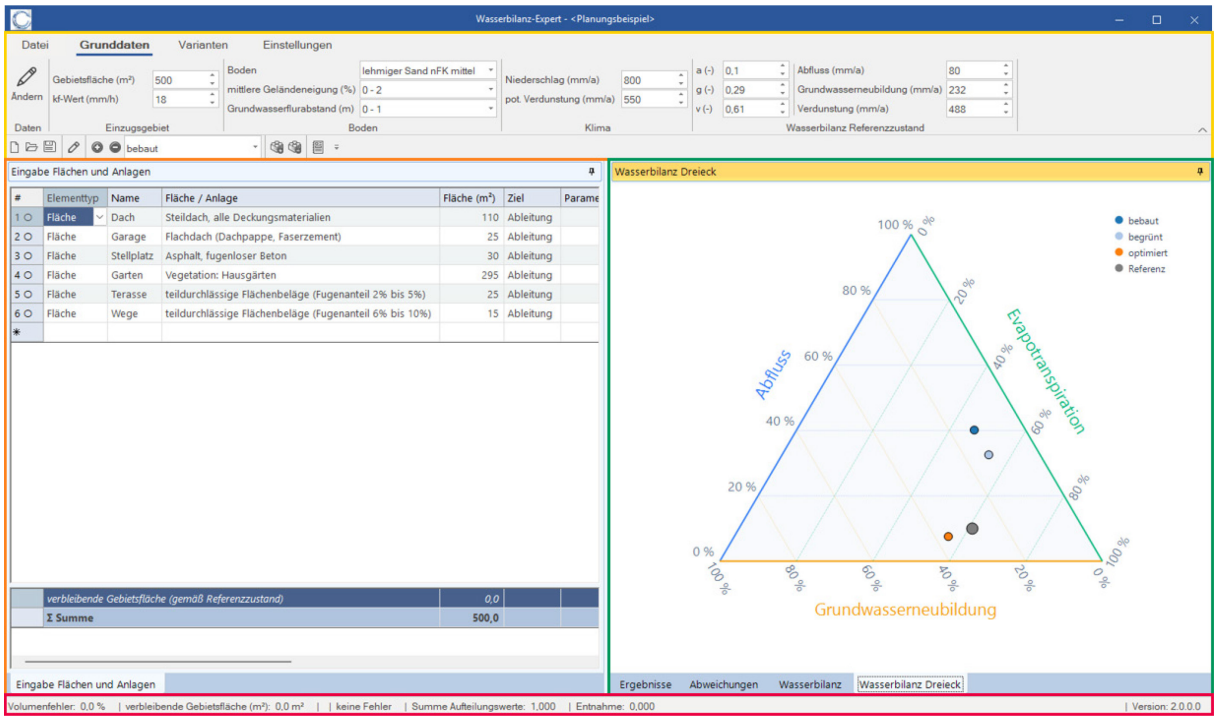
Die Ausgangsoberfläche von Wasserbilanz-Expert gliedert sich in vier Hauptbereiche:

Menüleiste: Wechsel zwischen den Reitern für die Projektverwaltung, Grundlagendaten, Variantenverwaltung und Einstellungen

Bearbeitungsfenster „Flächen und Anlagen“: Zentrale Tabelle für die Editierung der baulichen Elemente der aktiven Planungsvariante

Ergebnis- und Grafikfenster: Ermöglichen den stetigen Vergleich der Planungsvarianten und dem Referenzzustand in Form einer Ergebnistabelle und Visualisierungen von Wasserbilanzen und Abweichungen

Statusleiste: Kontinuierliche Bilanz- und Fehlerkontrolle für die aktuelle Planungsvariante



Alle fünf internen Programmfenster lassen sich durch Greifen der Fensterbezeichnung per Drag-and-Drop frei positionieren oder vollständig aus der Oberfläche herauslösen.

Über die Pinnadel wird der Anzeigezustand gesteuert:

- **Anheften:** Das Fenster wird dauerhaft an seiner Position fixiert.
- **Lösen:** Das Fenster wird gelöst und klappt bei Nichtbenutzung automatisch wieder ein, um die Arbeitsfläche zu vergrößern.

3.3 Projektverwaltung

Über den Reiter *Datei* in der Menüleiste erfolgt die Projektverwaltung. Folgende Funktionen stehen zur Verfügung:

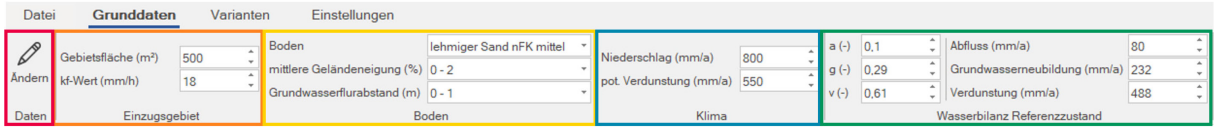
Schaltfläche		Funktion
		Erstellen eines neuen Projekts
		Öffnen eines vorhandenes Projekts
		Öffnen von zuletzt geöffneten Projekten
		Speichern des aktuell geöffneten Projekts
		Speichern des aktuell geöffneten Projekts unter einem neuen Dateinamen
		Beenden von Wasserbilanz-Expert

Im rechten Fenster werden die zuletzt geöffneten Projekte angezeigt. Die Anzahl der angezeigten Einträge kann in den Optionen im Reiter *Einstellungen* angepasst werden (Abschnitt 3.10).

3.4 Eingabe der Grunddaten inkl. unbebauter Referenzzustand

Im Reiter *Grunddaten* erfolgt die Definition der Basisparameter für das gesamte Einzugsgebiet sowie für den unbebauten Referenzzustand. **Es wird dringend empfohlen die Grunddaten vor Eingabe des bebauten Zustands gebietsspezifisch einzugeben.** Ein ausführliches Anwendungsbeispiel inklusive Anwendungsempfehlungen zur Herleitung der Grunddaten wird auf der Produktwebseite der Software veröffentlicht.

Über die Schaltfläche Ändern auf der linken Seite wird das Dialogfenster für die Dateneingabe geöffnet.

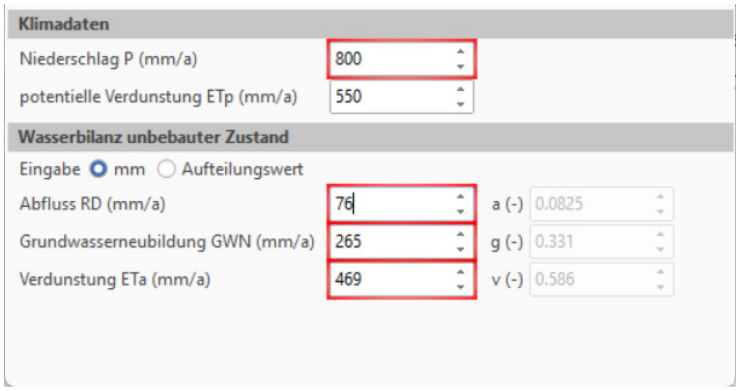


Folgende Angaben sind zu tätigen:

Parameter	Beschreibung	Eingabe
Einzugsgebiet		
Gebietsfläche (m^2)	Größe des gesamten Einzugsgebiets in m^2. Auch als *Bruttobauland* bezeichnet. Gilt für alle Varianten.	Numerisch
k_f – Wert (mm/h)	Durchschnittlicher Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens im Einzugsgebiet in mm/h. Ausgangswert für alle Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen.	Numerisch
Boden		
Boden	Auswahl der Bodengruppe nach Merkblatt DWA-M 102-4 Tabelle C.2.	Drop-Down
mittlere Geländeneigung (%)	Angabe des durchschnittlichen Geländegefälles in %.	Drop-Down
Grundwasserflurabstand (m)	Angabe des Grundwasserflurabstands in m.	Drop-Down
Klimadaten		
Niederschlag P (mm/a)	Mittlere jährliche Niederschlagshöhe im Einzugsgebiet in mm/a.	Numerisch
Potenzielle Verdunstung ET_p (mm/a)	Mittlere jährliche potenzielle Verdunstung im Einzugsgebiet in mm/a.	Numerisch
Wasserbilanz unbebauter Zustand		
Eingabe	Auswahl der Eingabe von RD, GWN und ETa als Volumen- oder Aufteilungswert. Die jeweils andere Eingabeeinheit wird auf Grundlage des Niederschlags P automatisch berechnet.	Auswahl
Abfluss R_D (mm/a)	Mittlerer jährlicher Direktabfluss aus dem unbebauten Einzugsgebiet in mm/a.	Numerisch / automatische Berechnung
Grundwasserneubildung GWN (mm/a)	Mittlere jährliche Grundwasserneubildung im unbebauten Einzugsgebiet in mm/a.	Numerisch / automatische Berechnung
Verdunstung ET_a (mm/a)	Mittlere jährliche tatsächliche Verdunstung im unbebauten Einzugsgebiet in mm/a.	Numerisch / automatische Berechnung
a, g, v (-)	Aufteilungswerte für R_D, GWN und ET_a im unbebauten Einzugsgebiet als Anteile des Niederschlags P zwischen 0 und 1.	Numerisch / automatische Berechnung

Bei numerischen Angaben ist zu beachten, dass das Dezimaltrennzeichen vom Betriebssystem übernommen wird.

Die Summe der Bilanzwerte im unbebauten Zustand muss der angegebenen Niederschlagshöhe entsprechen (1,0 bei Aufteilungswerten). Ist dies nicht der Fall, weist das System auf einen Bilanzfehler hin. Die betroffenen Eingabefelder werden rot markiert.



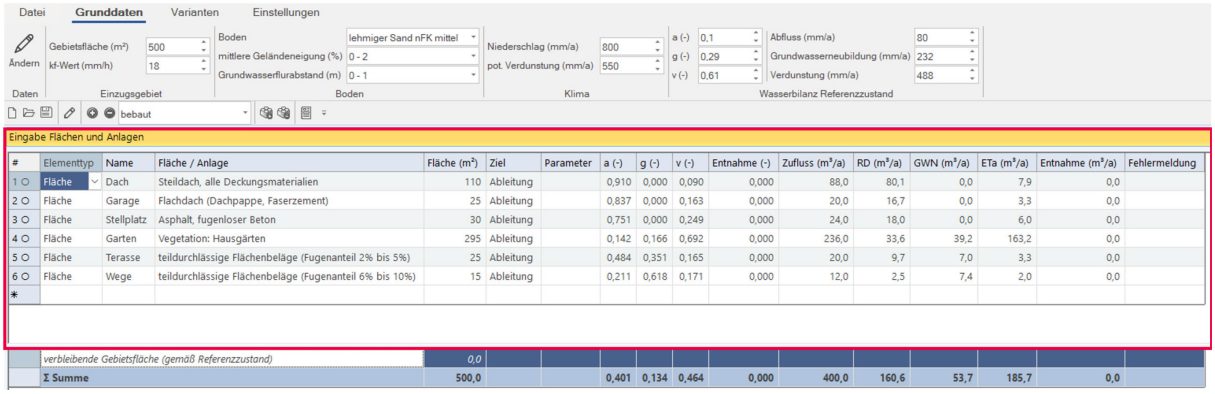
Sofern keine individuellen Anpassungen vorgenommen werden, setzt Wasserbilanz-Expert für neue Projekte folgende Standardwerte an:

- Durchlässigkeitsbeiwert k_f = 18 mm/h
- Niederschlagshöhe P = 800 mm/a
- Potentielle Verdunstung ET_p = 500 mm/a

Diese Ausgangswerte können in den Optionen unter dem Reiter *Einstellungen* global geändert werden (Abschnitt 3.10). Dadurch starten zukünftige Projekte automatisch mit den lokal angepassten Klimadaten oder Bodenkennwerten.

3.5 Modellierung eines bebauten Zustands

Die Modellierung eines bebauten Zustands erfolgt im Fenster *Eingabe Flächen und Anlagen*. In der dortigen Bearbeitungstabelle werden alle Flächen sowie Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung (Anlagen) erfasst und verwaltet. Sie werden übergeordnet als Elemente bezeichnet.



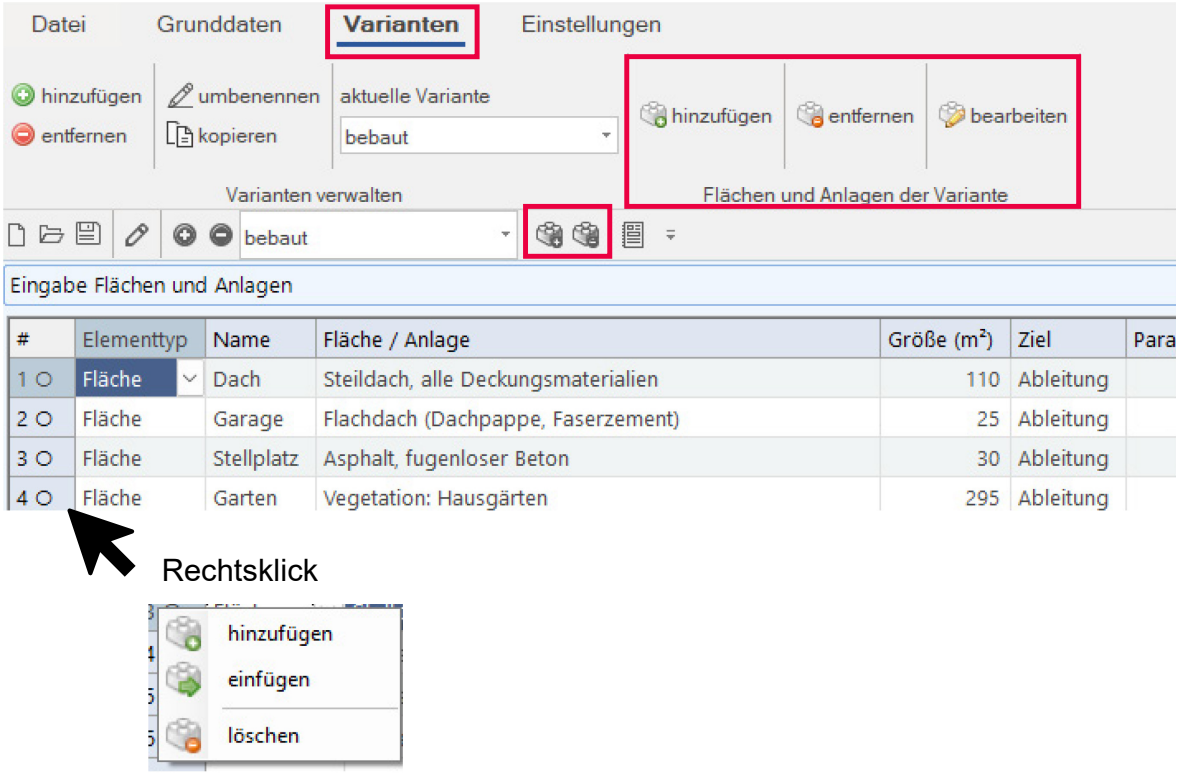
#	Elementtyp	Name	Fläche / Anlage	Fläche (m²)	Ziel	Parameter	a (-)	g (-)	v (-)	Entnahme (-)	Zufluss (m³/a)	RD (m³/a)	GWN (m³/a)	ETa (m³/a)	Entnahme (m³/a)	Fehlermeldung
1	Fläche	Dach	Steildach, alle Deckungsmaterialien	110	Ableitung		0,910	0,000	0,090	0,000	88,0	80,1	0,0	7,9	0,0	
2	Fläche	Garage	Flachdach (Dachpappe, Faserzement)	25	Ableitung		0,837	0,000	0,163	0,000	20,0	16,7	0,0	3,3	0,0	
3	Fläche	Stellplatz	Asphalt, fugenloser Beton	30	Ableitung		0,751	0,000	0,249	0,000	24,0	18,0	0,0	6,0	0,0	
4	Fläche	Garten	Vegetation: Hausgärten	295	Ableitung		0,142	0,166	0,692	0,000	236,0	33,6	39,2	163,2	0,0	
5	Fläche	Terasse	teildurchlässige Flächenbeläge (Fugenanteil 2% bis 5%)	25	Ableitung		0,484	0,351	0,165	0,000	20,0	9,7	7,0	3,3	0,0	
6	Fläche	Wege	teildurchlässige Flächenbeläge (Fugenanteil 6% bis 10%)	15	Ableitung		0,211	0,618	0,171	0,000	12,0	2,5	7,4	2,0	0,0	
			verbleibende Gebietsfläche (gemäß Referenzzustand)	*0,0*												
			Σ Summe	**500,0**			**0,401**	**0,134**	**0,464**	**0,000**	**400,0**	**160,6**	**53,7**	**185,7**	**0,0**	

3.5.1 Verwaltung von Elementen

Ein Element wird durch einen Linksklick in die entsprechende Zeile der Bearbeitungstabelle ausgewählt. Die Verwaltung von Elementen erfolgt über die Schaltflächen im Reiter *Varianten* in der Menüleiste oder über das Kontextmenü per Rechtsklick innerhalb der Tabelle. Über die Schaltflächen können Flächen und Anlagen hinzugefügt oder gelöscht werden.

Beim Typ „Flächen“ sind unterschiedliche Flächentypen nach Anhang C des Merkblatts auswählbar (Abschnitt 3.5.2). Einen Sondertypus der Flächen bilden außerdem Vegetationsflächen, die nach Anhang C des Merkblatts bilanziert werden (Abschnitt 3.5.3).

Beim Typ „Anlagen“ sind alle Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen nach Anhang B des Merkblatts auswählbar (Abschnitt 3.5.2).



Folgende Funktionen stehen zur Verfügung:

Schaltfläche	Funktion
hinzufügen	Hinzufügen einer Fläche oder Anlage
entfernen	Löschen der ausgewählten Fläche oder Anlage
bearbeiten	Öffnen des Dialogfensters zur Bearbeitung der Elementparameter
einfügen	Einfügen eines neuen Elements unter das aktuell ausgewählte Element

Die Elemente lassen sich zeilenweise konfigurieren. Daneben werden direkt die Zwischenergebnisse des jeweiligen Elements angezeigt. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick zu den Spalten jeder Elementzeile. Einzustellende Spalten werden Rot markiert, während automatisch berechnete Ergebnisspalten zur Anzeige Dunkelgrau markiert sind.

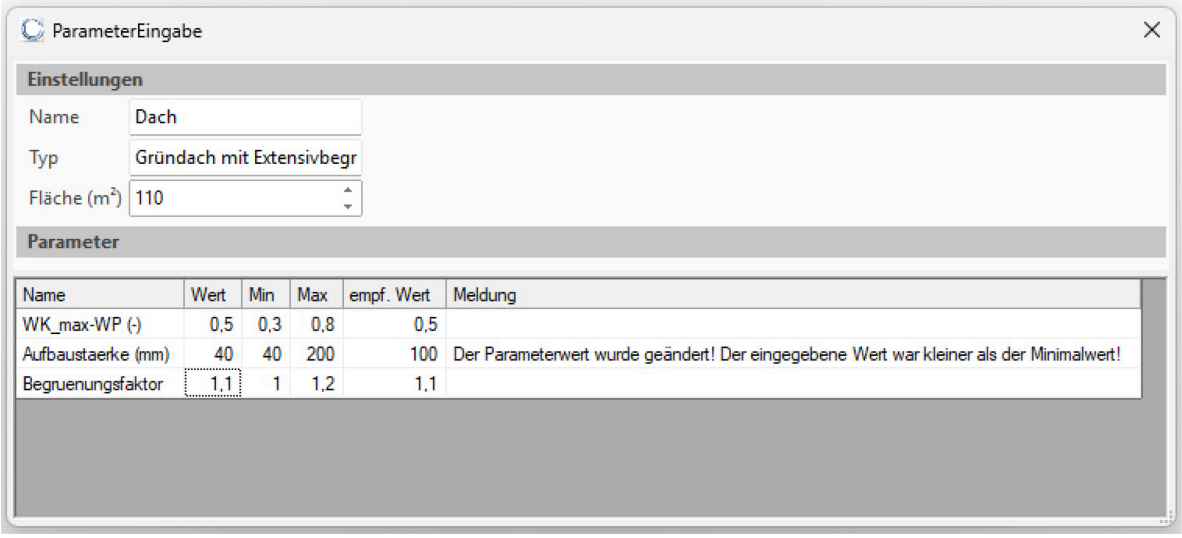
Feld	Beschreibung	Eingabe
Elementtyp	Definition des Elements als Fläche oder Maßnahme (= Anlage)	Auswahl
Name	Name oder Bezeichnung des Elements	Freitext
Fläche/ Anlage	Auswahl des Flächen- bzw. Anlagentyps nach Merkblatt DWA-M 102-4	Auswahl
Fläche (m^2)	Größe des Elements in m^2. *Hinweis:* *Die Größe eines Elements ist seine Grundfläche. Bei vertikaler Begrünung gilt die horizontale Projektionsfläche.* *Die nötige Größe einer Versickerungsanlage (= Anlage) wird anhand ihres Zuflusses automatisch berechnet. Bei Änderungen des Zuflusses oder der Anlagenparamater kann sie neu berechnet werden, indem die Größe im Feld einmalig mit 0 angegeben wird. Nach dem Bestätigen mit Enter erscheint automatisch die aktualisierte Größe. Sie kann auch manuell angepasst werden. Hat das Element eine Größe außerhalb des in Merkblatt DWA-M 102-4 Anhang B angegebenen Gültigkeitsbereichs, erscheint eine Fehlermeldung.*	Numerisch / automatische Berechnung
Ziel	Ziel des Abflusses aus einem Element. ▌ Ableitung (Ausgangssituation) - Abfluss verlässt das Einzugsgebiet. ▌ Zuleitung in eine RWB – Abfluss wird vollständig als Zufluss einer RWB berücksichtigt.	Auswahl
Parameter	Bearbeitung der Elementparameter unter Schaltfläche im Feld Parameter (s.u.)	Dialogfenster
a, g, v (-)	Aufteilungswerte für Abfluss, Grundwasser und Verdunstung als Anteile des Niederschlags zwischen 0 und 1	automatische Berechnung
Zufluss (m^3/a)	Jährlicher Zufluss zum Element, resultierend aus der Überregnung und dem Zufluss von einer anderen Fläche oder Maßnahme	automatische Berechnung
R_D (m^3/a)	Jährlicher Direktabfluss des Elements, resultierend aus dem jeweiligen Zufluss und Aufteilungswert a	automatische Berechnung
GWN (m^3/a)	Jährliche Grundwasserneubildung auf dem Element, resultierend aus dem jeweiligen Zufluss und Aufteilungswert g	automatische Berechnung
ET_a (m^3/a)	Jährliche Verdunstung auf dem Element, resultierend aus dem jeweiligen Zufluss und Aufteilungswert v	automatische Berechnung
Entnahme (m^3/a)	nur bei Regenwassernutzung: Anteil des aus dem System entnommenen Brauchwasser	automatische Berechnung
Fehlermeldung	Anzeige von Berechnungsfehlern für das Element	-

Die Schaltfläche bearbeiten in der Menüleiste und die Schaltfläche im Parameterfeld der Bearbeitungstabelle öffnen das Dialogfenster zur Parameterbearbeitung des aktuell ausgewählten Elements. In diesem

Dialogfeld können die Elemente genauer konfiguriert werden. Die Beschreibung der Bearbeitungsoptionen erfolgt in den folgenden Kapiteln 3.5.2 sowie 3.5.3.

3.5.2 Bearbeitung von Elementparametern (Flächen und Anlagen)

In Abhängigkeit des Flächen- oder Anlagentyps stehen unterschiedliche Parameter zur Verfügung. Sie können in der Spalte *Wert* im Dialogfenster bearbeitet werden. Hier besteht auch die Möglichkeit Name und Größe des Elements zu ändern.



Die jeweils zugelassenen und empfohlenen Wertebereiche sind nicht bearbeitbar. Sie basieren auf den Vorgaben aus dem Merkblatt DWA-M 102-4 Anhang A und B und werden im Parameterdialog ausgewiesen („Min"/ „Max"). Sofern keine individuellen Werte festgelegt werden, übernimmt Wasserbilanz-Expert den empfohlenen Wert als Standardwert für einen Parameter. Liegt ein Parameter außerhalb des zugelassenen Wertebereichs, wird in der Spalte „Meldung" eine Fehlermeldung ausgegeben. Der Wert wird automatisch auf den nächstgelegenen, erlaubten Wert geändert.

Änderungen im Parameterdialog wirken sich ausschließlich auf das aktuell ausgewählte Element aus. Unter dem Reiter *Einstellungen* stehen zusätzliche Funktionen zur Parameterbearbeitung zur Verfügung (Abschnitt 3.5.4).

3.5.3 Bearbeitung von Elementparametern (Vegetationsflächen)

Für Vegetationsflächen werden die Einstellmöglichkeiten gemäß Merkblatt DWA-M 102-4 Anhang C eingeführt. Das Parameter-Dialogfeld der Vegetationsflächen ist demnach wie folgt aufgebaut:

In den *Grunddaten* können Name und Größe des Elements bearbeitet werden. Die Angaben zum Boden werden aus den zuvor definierten Projektgrunddaten (Abschnitt 3.4) übernommen. Jedes Vegetationsflächen-Element übernimmt die Projektgrunddaten, die zum Zeitpunkt seiner Erstellung aktuell sind.

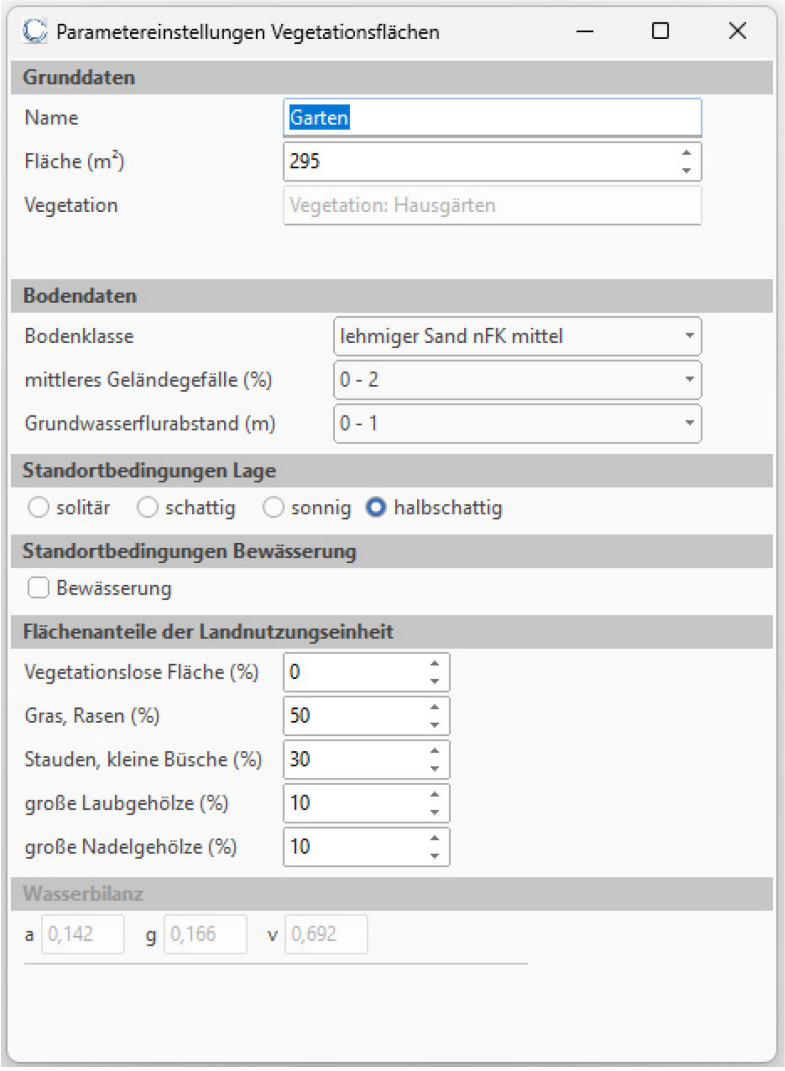
Achtung: Werden die Projektgrundlagen im späteren Verlauf geändert, müssen sie für Vegetationsflächen manuell aktualisiert werden.

Die *Standortbedingung Lage* beschreibt die Exposition der Vegetationsfläche. Sie gibt an, ob die Vegetation frei besonnt wird (sonnig), durch Umgebungs- oder Himmelsrichtungseinflüsse halb oder überwiegend beschattet wird (halbschattig und schattig) oder freistehend ohne wesentliche Abschirmung liegt (solitär).

Unter den *Standortbedingungen Bewässerung* wird angegeben, ob die Vegetationsfläche künstlich bewässert wird (ja/nein).

Die maßgebliche Definition der Eigenschaften der Vegetationsfläche erfolgt über die *Flächenanteile der Landnutzungseinheiten*. Sie werden in prozentualen Anteilen angegeben. Die Aufteilung erfolgt voreingestellt nach Tabelle C.5 des Merkblatts in Abhängigkeit des gewählten Vegetationstyps. Nach eigenem Ermessen kann die Aufteilung auch manuell angepasst werden. Ergibt die Summe der angegeben prozentualen Anteile nicht 100%, weist das System auf einen Fehler hin. Die zugehörigen Felder werden rot umrandet.

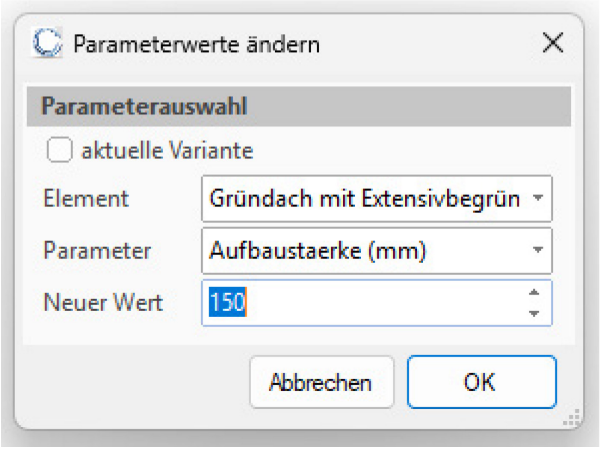
Anmerkung: Die Software setzt den originären Ansatz nach Meßer (2013) um, der Grundlage für die leicht vereinfachten Tabellen im Anhang C des Merkblatts DWA-M 102-4 ist. Aus diesem Grund können geringe Abweichungen gegenüber einer Berechnung nach Anhang C auftreten.



3.5.4 Parameterwerte mehrerer Elemente ändern

Die Schaltfläche Parameterwerte ändern im Reiter *Einstellungen* ermöglicht die gleichzeitige Änderung von Parameterwerten aller Elemente des gleichen Flächen- oder Anlagentyps. Über die Auswahl des Kontrollkästchens aktuelle Variante kann festgelegt werden, ob die Änderung auf alle Varianten oder nur auf die aktuell ausgewählte Variante angewendet wird.

Nach Auswahl des Elementtyps erscheinen die zugehörigen Parameter in der der Drop-Down Liste. Der neue Wert kann in das leere Feld eingetragen und mit *OK* bestätigt werden. Es ist darauf zu achten, den Wert in der richtigen Einheit anzugeben.



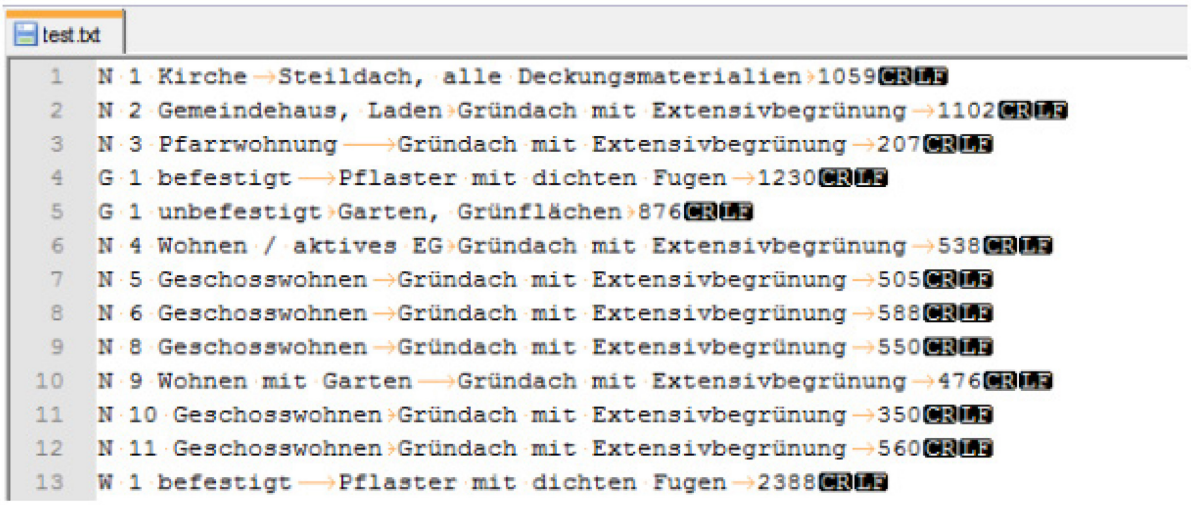
3.5.5 Import von Elementen aus Textdateien

Über die Schaltfläche Textdatei importieren im Reiter *Einstellungen* können Elemente aus einer tabellarischen Textdatei in Wasserbilanz-Expert importiert werden. Die Datei muss je Element folgende Felder enthalten:

- Name des Elementes
- Flächen- / Anlagentyp
- Größe des Elementes in m^2

Jedes Element benötigt eine Zeile. Die Felder bzw. Spalten müssen durch einen Tabstopp voneinander getrennt sein. Die Reihenfolge darf nicht geändert werden und sie dürfen keine Überschriften haben. Das Dezimaltrennzeichen wird vom Betriebssystem übernommen, es muss daher in der Textdatei mit dem Dezimaltrennzeichen des Betriebssystems übereinstimmen.

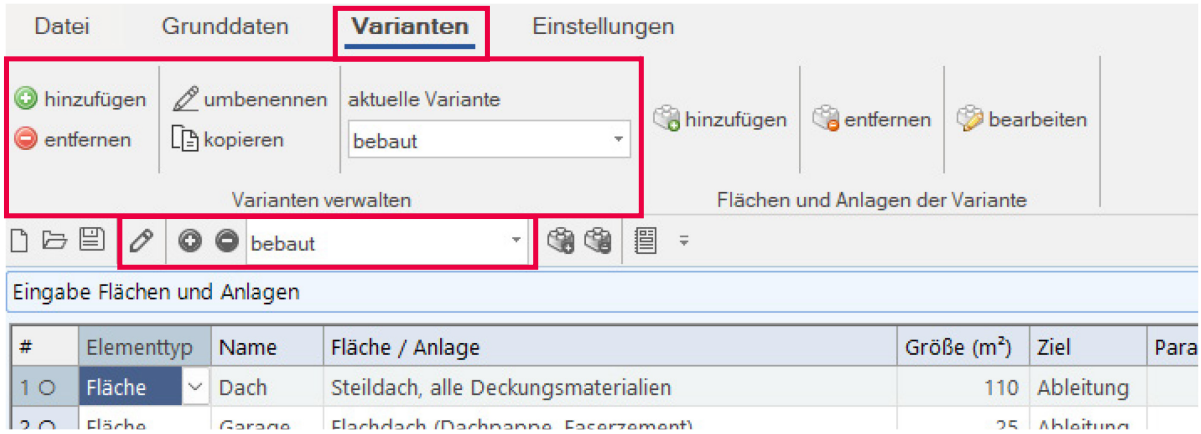
Nachfolgend ist eine Beispiel-Textdatei dargestellt, die von WABILA importiert werden kann.



3.6 Variantenmanagement

Bebaute Zustände können in Wasserbilanz-Expert in einer einzelnen oder optional in verschiedenen Planungsvarianten modelliert werden. Jede Variante bildet einen spezifischen Planungszustand desselben Einzugsgebiets ab, der mit dem unbebauten Referenzzustand verglichen wird. Auf diesem Wege lassen sich mehrere Planungsoptionen vergleichen und schrittweise optimieren.

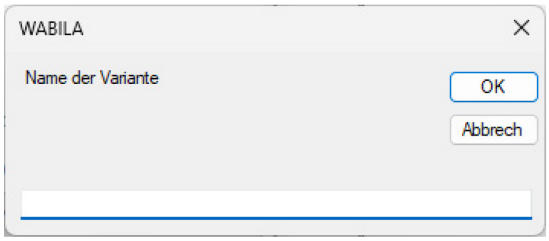
Die Standardvariante „bebaut“ wird automatisch angelegt. Die Verwaltung der Varianten erfolgt unter dem Reiter *Varianten* in der Menüleiste.



Folgende Funktionen stehen zur Verfügung.

Schaltfläche	Funktion
aktuelle Variante bebaut	Drop Down Auswahl zur Selektion einer Variante
hinzufügen	Hinzufügen einer neuen, leeren Variante
entfernen	Löschen der aktuellen Variante
umbenennen	Ändern des Namens der aktuellen Variante
kopieren	Kopieren bzw. duplizieren der aktuellen Variante

Wird eine Variante hinzugefügt oder dupliziert, fragt das Programm nach dem Namen der neuen Variante.



Für die aktuell ausgewählte Variante werden die Bearbeitungstabelle im Fenster *Flächen und Anlagen* sowie die Statusleiste in der Wasserbilanz-Expert-Oberfläche entsprechend aktualisiert angezeigt. Die Ergebnis- und Grafikfenster stellen jederzeit alle im Projekt vorhandenen Varianten dar.

3.7 Ergebnisse und Visualisierung

Die Ergebnis- und Grafikfenster ermöglichen den Vergleich zwischen dem Referenzzustand und den verschiedenen Planungsvarianten eines Projekts. Hierfür stehen unterschiedliche Auswertungen und Visualisierungen zur Verfügung.

3.7.1 Ergebnistabelle

Die Tabelle *Ergebnisse* stellt für den Referenzzustand und alle Planungsvarianten die berechneten Kennwerte der Wasserbilanz gegenüber. Ausgegeben werden die Aufteilungswerte a, g und v sowie Wasserbilanzgrößen in mm/a.

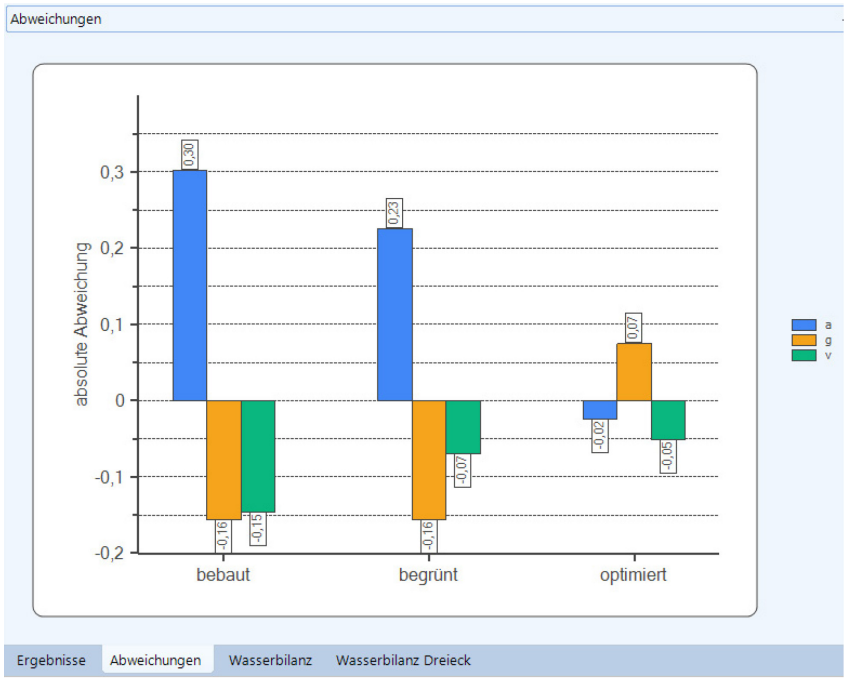
Ergebnisse

Variante	Abfluss (mm/a)	GWN (mm/a)	Verdunstung (mm/a)	Entnahme (mm/a)	a (-)	g (-)	v (-)	e (-)	Summe a+g+v+e
Referenz (unbebaut)	80,0	232,0	488,0	0,0	0,100	0,290	0,610	0,000	1,000
bebaut	321,2	107,3	371,5	0,0	0,401	0,134	0,464	0,000	1,000
begrünt	260,7	107,3	432,0	0,0	0,326	0,134	0,540	0,000	1,000
optimiert	60,5	291,8	447,7	0,0	0,076	0,365	0,560	0,000	1,000

Ergebnisse | Abweichungen | Wasserbilanz | Wasserbilanz Dreieck

3.7.2 Abweichungen

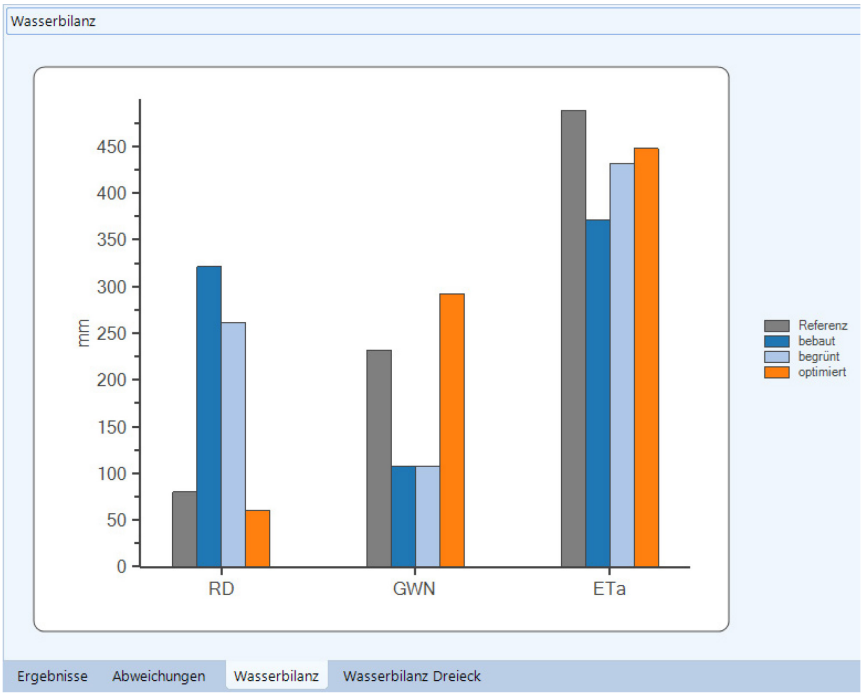
In der Ansicht *Abweichungen* werden die Abweichungen der Aufteilungswerte a, g und v der Planungsvarianten vom unbebauten Referenzzustand grafisch dargestellt. Die Abweichungen werden als Differenz in Prozentpunkten angegeben.



3.7.3 Wasserbilanz

Das Balkendiagramm *Wasserbilanz* zeigt einen Vergleich der mittleren Jahreswerte für den Direktabfluss R_D,

Die Grundwasserneubildung GWN und die Verdunstung ET_a in mm/a für den unbebauten Referenzzustand und die Planungsvarianten.



3.7.4 Wasserbilanz Dreieck

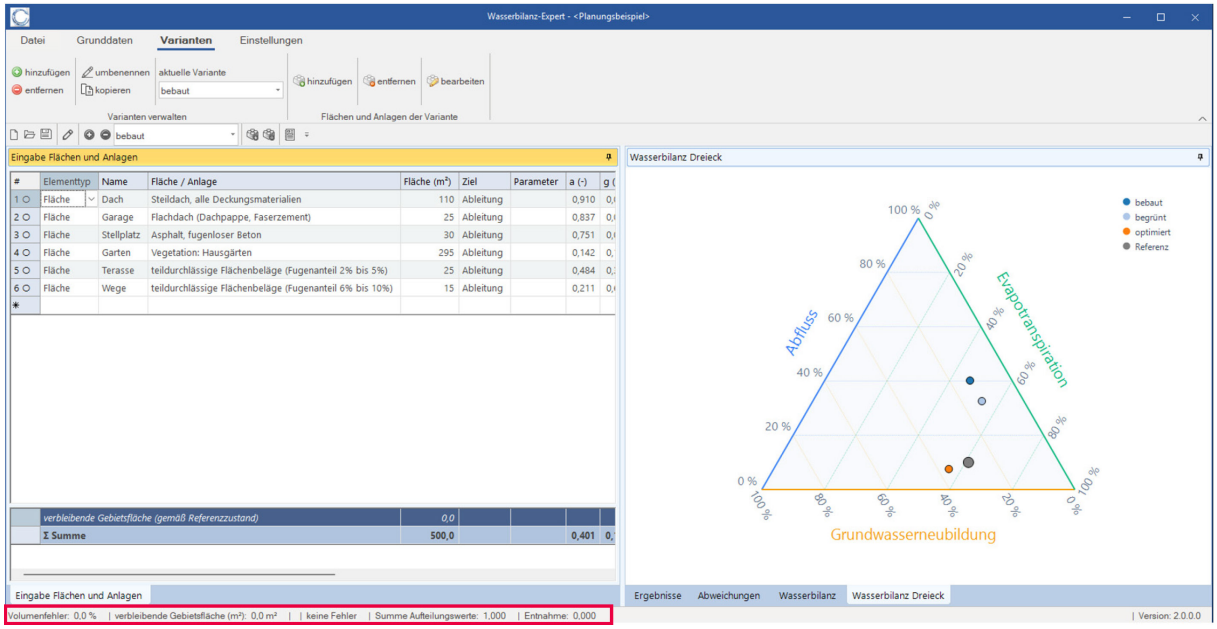
Das *Wasserbilanz Dreieck* ermöglicht einen direkten visuellen Vergleich zwischen dem (unbebauten) Referenzzustand und den Planungsvarianten. Alle Zustände werden in einer Dreiecksmatrix verortet. Die Aufteilungswerte a, g und v werden in Prozent angegeben.

3.8 Plausibilitätsprüfung und Fehlermeldungen

Vor der Ausgabe des Berichts sollte das Modell auf Plausibilität überprüft werden. Neben einer ausführlichen Prüfung aller eingegebenen Elemente (Fläche, Parameter, Ziel), kann die Statusleiste Hinweise auf mögliche Fehler geben.

3.8.1 Statusleiste

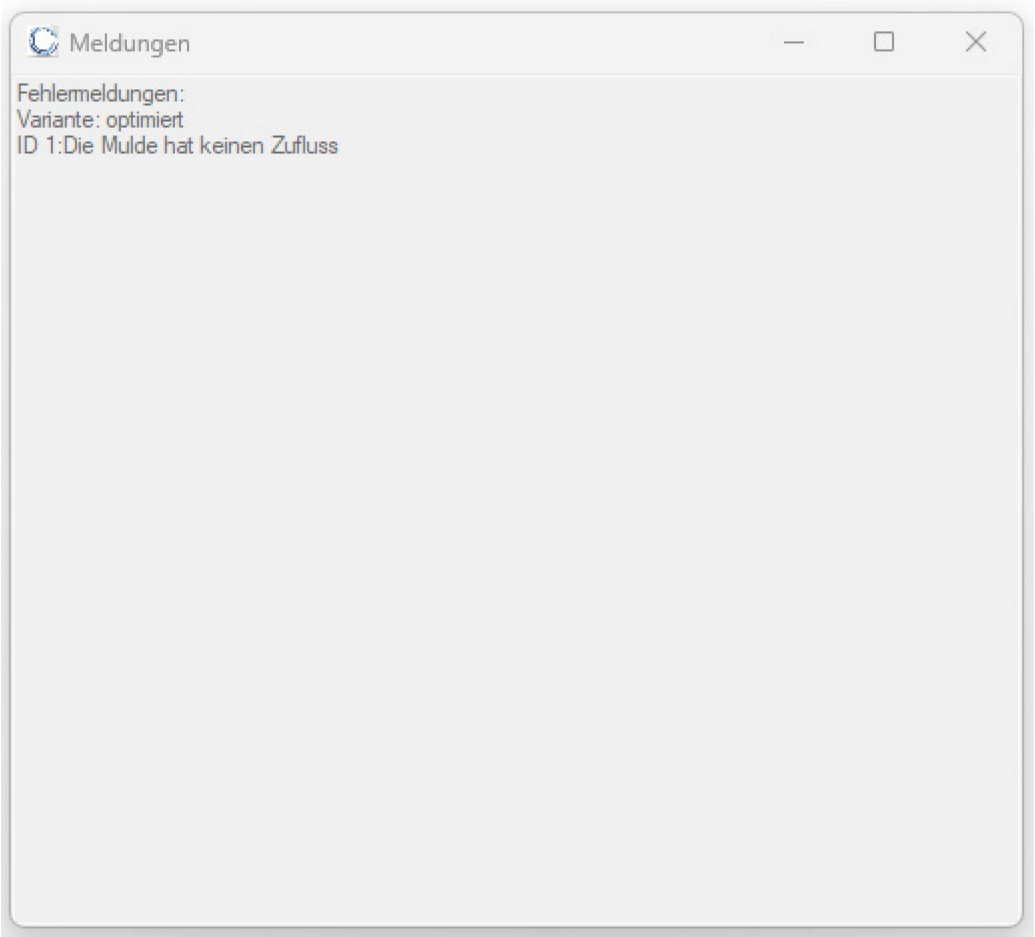
Die Statusleiste bietet eine kontinuierliche Bilanz- und Fehlerkontrolle für die jeweils aktuelle Variante. Folgende Angaben können zur Überprüfung entnommen werden.



Feld	Funktion
Volumenfehler (%)	Anzeige eines Fehlers in der Wasserbilanz in Volumenprozent
verbleibende Gebietsfläche (m^2)	verbleibende, unbebaute Fläche des Einzugsgebiets
Fehlermeldung	Statusanzeige zu Berechnungsfehlern („keine Fehler“ oder „Fehler in Berechnung!“)
Summe Aufteilungswerte (-)	Summe der Aufteilungswerte a, g und v. Sofern innerhalb des Wasserkreislaufs keine Entnahme erfolgt, sollte die Summe der Aufteilungswerte 1 ergeben.
Entnahme (-)	Bei Regenwassernutzung: Angabe des aus dem Kreislauf entnommenen Wassers als Aufteilungsfaktor bezogen auf den Niederschlag P.

3.8.2 Fehlermeldungen

Über die Schaltfläche Fehlermeldungen im Bereich *Bericht* werden alle aktuellen Fehlermeldungen des Projekts gesammelt angezeigt.



3.9 Bericht

Der Bericht fasst alle eingegebenen Varianten sowie deren Ergebnisse zusammen. Er kann für Projektabgaben genutzt werden und bietet neben der übersichtlichen Ergebnisdarstellung die Möglichkeit der Nachweisprüfung.

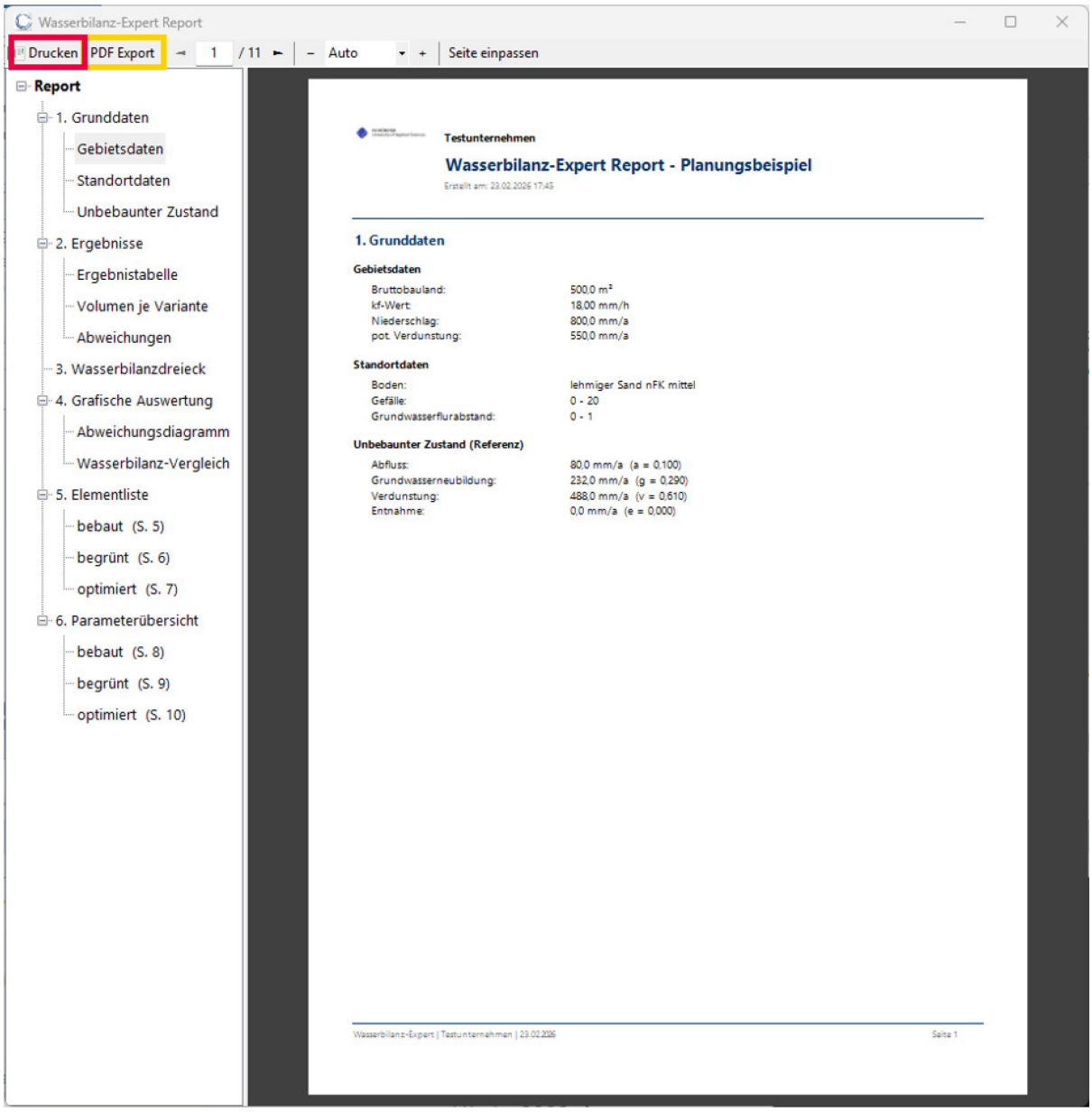
3.9.1 Bericht ausgeben

Sind die Eingaben und Ergebnisse plausibel, lässt sich ein Bericht ausgeben. Die Schaltfläche Bericht im Reiter *Einstellungen* öffnet das Dialogfenster zur Ausgabe eines Projektberichts.

Der Bericht beinhaltet:

- eine Zusammenfassung der Grunddaten,
- alle Ergebnisse als Tabelle sowie in den drei Diagrammarten (Abschnitt 3.7),
- die Elementliste aller Varianten sowie
- die Übersicht aller eingestellter Parameter.

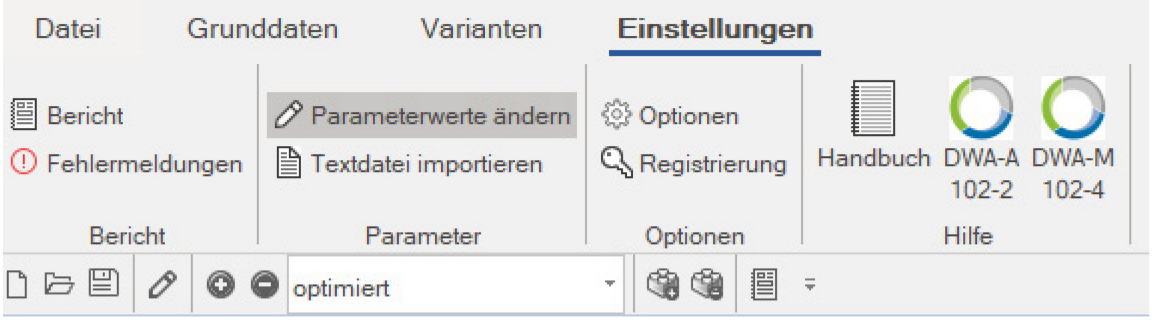
Der Bericht kann direkt gedruckt werden ( ) oder als PDF exportiert werden ( ).



3.9.2 Logo einrichten

Im Bericht können Angaben zum bearbeitenden Unternehmen einschließlich Unternehmenslogo ausgegeben werden. Die Bezeichnung des Unternehmens kann unter Optionen im Reiter *Einstellungen* eingetragen werden. Ein Logo kann als Bilddatei (bmp, jpg, png) hinterlegt werden (Abschnitt 3.10).

3.10 Einstellungen und Hilfe



Der Reiter *Einstellungen* in der Menüleiste enthält verschiedene Programmfunktionen. Ein Großteil wird in den jeweils zugehörigen Kapiteln im Anwendungskontext erläutert.

Bericht

Die Funktionen im Bereich *Bericht* sind in Kapitel 3.9 beschrieben.

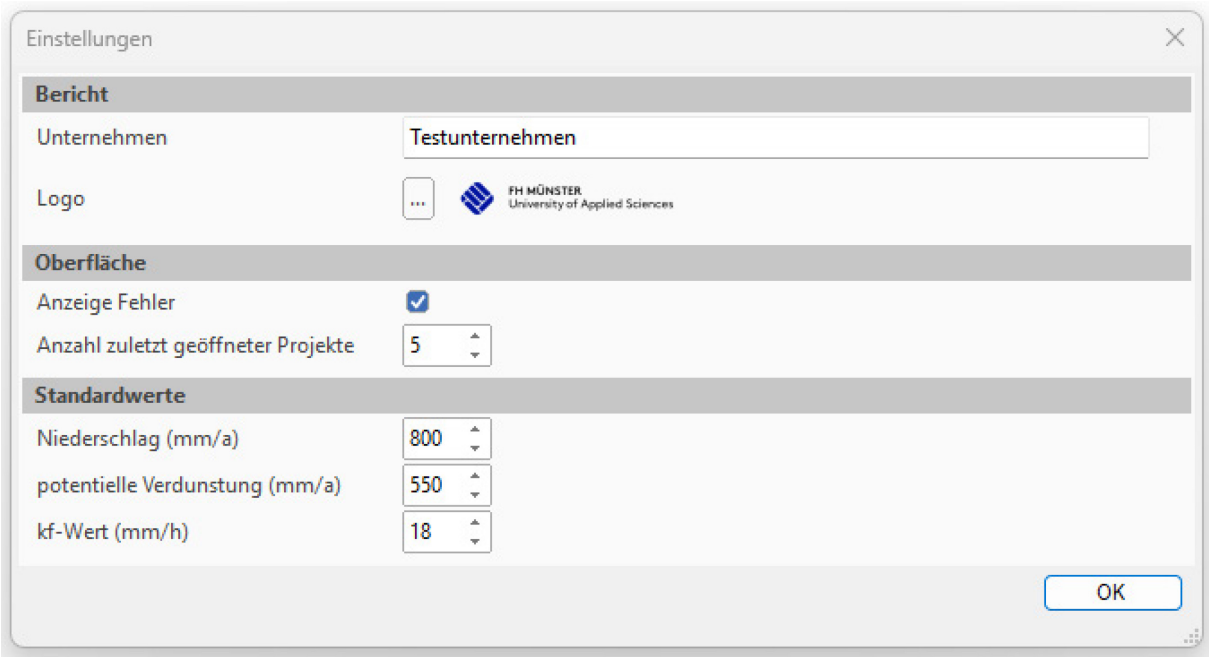
Parameter

Die Funktionen im Bereich *Parameter* sind in Kapitel 3.5 beschrieben.

Optionen

Über die Schaltfläche Registrierung kann der Registrierungsdialog erneut geöffnet werden (Abschnitt 3.1.2).

Mit der Schaltfläche Optionen werden die erweiterten Einstellungen geöffnet.



Dort können folgende Optionen festgelegt werden:

- Unternehmensangaben und Logo für den Projektbericht (Abschnitt 3.9.2)
- Pop-Up-Meldungen bei Berechnungsfehlern (An/Aus)
- Anzahl der Projekte im Bereich „Zuletzt geöffnet“ (Abschnitt 3.3)
- Standardwerte für Klimadaten, die als Ausgangswerte für neue Projekte übernommen werden (Abschnitt 3.4)

Hilfe

Im Bereich *Hilfe* stehen dieses Handbuch sowie das Arbeitsblatt DWA-A 102-2 und das Merkblatt DWA-M 102-4 zur direkten Einsicht zur Verfügung.

Literaturverzeichnis

Bafg (2023): „Hydrologischer Atlas Deutschland - Geoviewer". Bundesanstalt für Gewässerkunde (Bafg). Abgerufen von http://geoportal.bafg.de/mapapps/resources/apps/HAD/index.html?lang=de.

BGR (2003): Hydrologischer Atlas von Deutschland. Erarbeitet im Auftrag der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. Freiburg: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR).

Helton, J.C., 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., Uhl, M. (2016): „Development of a simplified urban water balance model (WABILA)". In: Water Science and Technology. 73 (8), S. 1785–1795, doi: 10.2166/wst.2016.020.

Henrichs, M., Langner, J., Uhl, M. (2015): „Nachweis des Niederschlagswasserhaushalts in Neubaugebieten". In: Wasser in der Stadt: Lebensräume-Risiken-Entwicklungen. Münster: Difo-Druck GmbH (Wassertage Münster), S. 145–151.

Jayasooriya, V.M., 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, doi: 10.1007/s11270-014-2055-1.

Langner, J. (2013): „Herleitung von Systemfunktionen von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen für ein vereinfachtes Wasserbilanzmodell". (Masterarbeit) Münster: Fachhochschule Münster, Institut für Wasser·Ressourcen·Umwelt (IWARU).

Meßer, J., Lippe Wassertechnik GmbH (Hrsg.) (2013): Ein vereinfachtes Verfahren zur Berechnung der flächendifferenzierten Grundwasserneubildung in Mitteleuropa.

Rossman, L.A. (2010): Storm Water Management Model - User's Manual Version 5.0. Cincinnati, OH, USA: United States Environmental Protection Agency (US EPA).

Schmit, M., Steinbrich, A., Leistert, H., Weiler, M. (2022): „Webtool zur Ermittlung der naturnahen urbanen Wasserbilanz (NatUrWB)". In: Korrespondenz Wasserwirtschaft. 2022 (9), S. 530–536, doi: 10.3243/kwe2022.09.002.

Steinbrich, A., Henrichs, M., Leistert, H., Scherer, I., Schuetz, T., Uhl, M., Weiler, M. (2018): „Ermittlung eines naturnahen Wasserhaushalts als Planungsziel für Siedlungen". In: Hydrologie und Wasserbewirtschaftung. 62 (6), S. 28–37, doi: 10.5675/HyWa_2018.6_3.

Uni Freiburg (2023): „NatUrWB". Naturnahe Urbane Wasserbilanz (NatUrWB). Abgerufen 13.10.2023 von https://www.naturwb.de/www.naturwb.de.