

# Grundwasserneubildung – Prozesse und Einflussgrößen

Die Grundwasserneubildung stellt eine wesentliche hydrogeologische Größe dar, die meist als Eingangsparameter für Untersuchungen zum Grundwasserhaushalt, Fragen der Grundwassergeschüttheit, prognostische anwendungsorientierte Fragestellungen – z. B. der Siedlungswasserwirtschaft –, bis hin zu Grundwassermodellierungen mit ihren vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten eingesetzt wird.

**Angaben zur Grundwasserneubildung** (Zugang von in den Boden infiltriertem Wasser zum Grundwasser gemäß DIN 4049-3 1994) werden benötigt, um Eingriffe in den Wasserhaushalt beurteilen bzw. Veränderungen prognostizieren zu können. Beispielhafte Fragestellungen sind die Auswirkungen einer Grundwasserentnahme auf das Grundwasserdargebot, landschaftlicher Veränderungen (z. B. Anlage von Baggerseen oder Steinbrüche) auf den grundwasserbürtigen Abfluss oder klimatischer Veränderungen auf den Wasserhaushalt. Bei der Erstellung bzw. Kalibrierung von numerischen Grundwasserströmungsmodellen sind detaillierte flächendifferenzierte Angaben erforderlich.

Um den verschiedenen Ansprüchen gerecht zu werden, ist es nötig, ein Berechnungsverfahren für verschiedene Skalenbereiche zur Verfügung zu haben. Zu unterscheiden sind hier makro-, meso- und mikroskalige Bearbeitungen. Während bei makroskaligen Bearbeitungen mittlere Wasserhaushaltsgrößen für ganze Flussgebiete anhand von großräumig verfügbaren und relativ groben Daten erarbeitet werden, sind für die Erstellung von numerischen Grundwassermodellen kleinräumig detaillierte und hoch aufgelöste Daten erforderlich. Die Qualität der Ergebnisse hängt nicht nur von dem verwendeten Verfahren, sondern auch von der Qualität und Auflösung der Eingangsdaten ab.

Das im Folgenden vorgestellte Berechnungsverfahren GWneu wurde im Wesentlichen bei der Erstellung von numerischen Grundwassermodellen verifiziert und die Ergebnisse vielfach mit Abflussdaten an Gewässerpegeln verglichen. Bei der Anwendung sind keine weiteren Regressionsanalysen von Abflussdaten erforderlich. Die Berechnung erfolgt durch eine einfache Verschneidung der Eingangsdaten in einem Geoinformationssystem (GIS) und die anschließende Ableitung der Wasserhaus-

» Das Berechnungsverfahren GWneu ist insbesondere in urbanen Räumen verifiziert. «

haltsgrößen aus Tabellen bzw. deren Berechnung anhand der Wasserhaushaltsgleichung ([www.gwneu.de](http://www.gwneu.de)). Im Rahmen eines Vergleichs für den Hydrologischen Atlas von Deutschland (HAD) wurde festgestellt, dass das Verfahren GWneu die beste Anpassung aller Modellversionen zeigt, während alle anderen Verfahren größere Streuungen und systematische Abweichungen aufweisen [1].

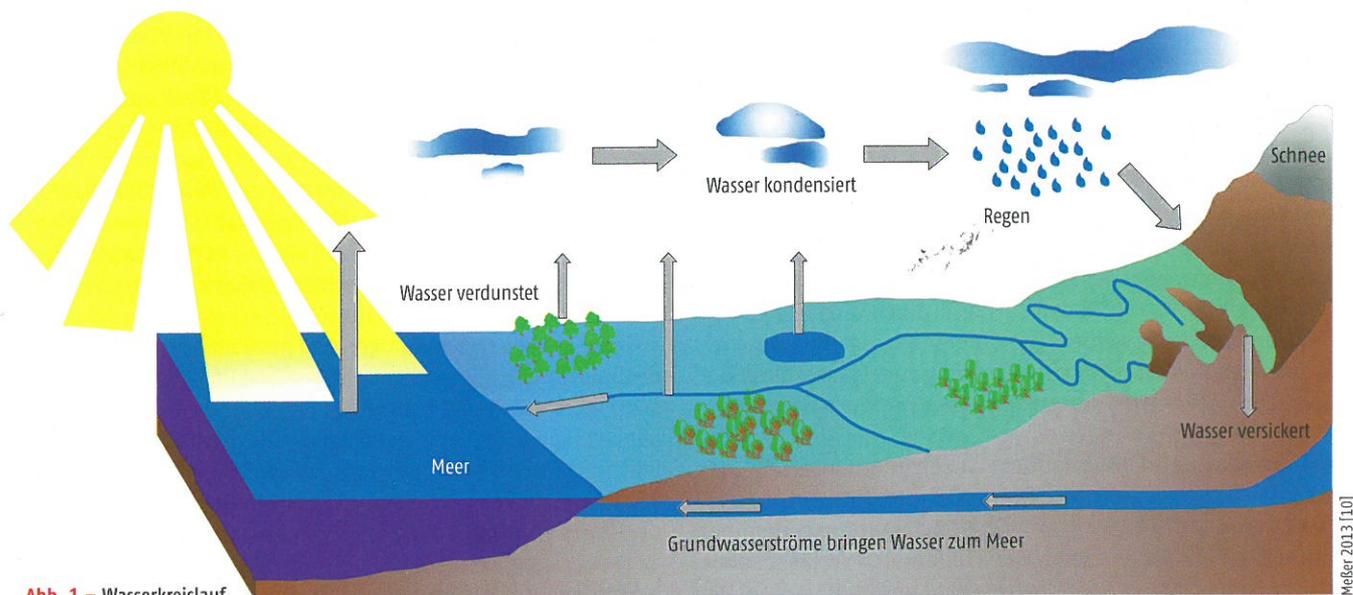


Abb. 1 – Wasserkreislauf

Meßer 2013 [10]

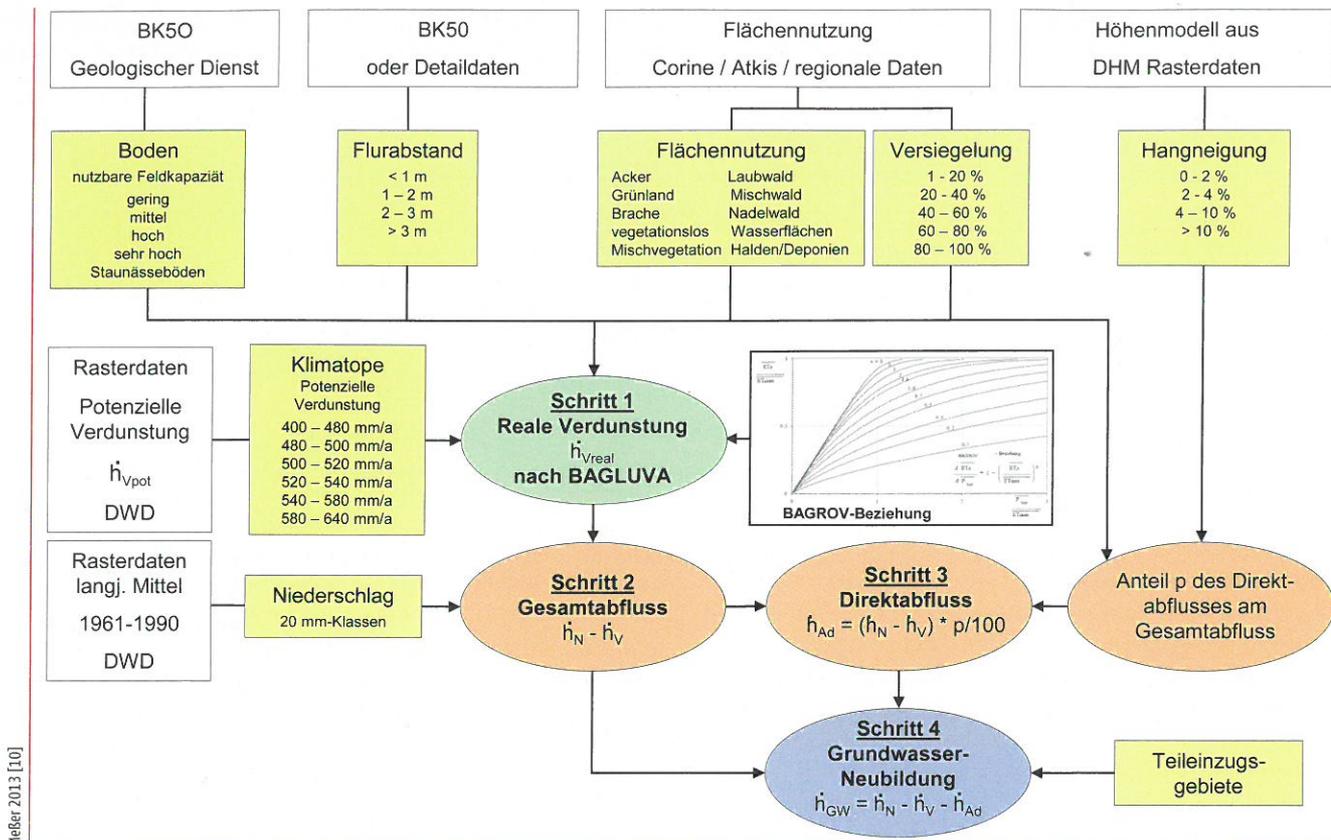


Abb. 2 – Berücksichtigte Parameter, deren Abstufung und Verfahrensgang zur Berechnung der Grundwasserneubildung

Das Verfahren ist insbesondere in urbanen Räumen verifiziert. Die Parameter Flurabstand und Boden sind entkoppelt, um auch Grundwasserneubildungsveränderungen bei wasserwirtschaftlichen Eingriffen prognostizieren zu können. Für die Bewertung der Ergebnisse ist ein vertieftes Wissen über die Prozesse des Wasserhaushaltes erforderlich.

**Wasserhaushalt**

Die im Wasserkreislauf ablaufenden Prozesse sind u. a. Niederschlag, Evaporation, Transpiration, Interzeption, Oberflächenabfluss, Infiltration bzw. Versickerung, unterirdischer Abfluss und Vorratsänderung (Abb. 1). Die mit den Prozessen verbundenen Wasservolumina werden in der Wasserbilanz erfasst. Die Summe aller Teilvolumina muss gleich null sein. Bei Teilbereichen sind die Zuflüsse aus und Abflüsse in Nachbarbereiche zu berücksichtigen. Der Wasserhaushalt eines Bilanzraumes wird mit der allgemeinen Wasserhaushaltsgleichung umschrieben.

Das als Niederschlag aus der Atmosphäre in einen Bilanzraum eingetragene Wasser kann über die Verdunstung, den Abfluss und Entnahmen wieder ausgetragen werden. Ausgehend von der potenziellen Verdunstung kann die reale Verdunstung (Verdunstung bei gegebener Wasserverfügbarkeit und Vegetation, in Abhängigkeit von der Bodenfeuchte im durchwurzelten Bodenbereich) berechnet werden. Die Differenz zwischen potenzieller und realer Verdunstung ist abhängig vom Wasserdargebot und damit von den Niederschlägen bzw. den Flurabständen.

Das Wasser, das nicht verdunstet, gelangt zum Abfluss. Beim Abfluss (auch als Gesamtabfluss bezeichnet) unterscheidet man den Direktabfluss und den grundwasserbürtigen Abfluss. Der Direktabfluss umfasst den Oberflächenabfluss, der über die Fließgewässer den jeweiligen Teilbereich verlässt sowie den Zwischenabfluss (interflow) in der ungesättigten Zone. Der

Direktabfluss kann über Gräben erfolgen oder über die Kanalisation und Felddränagen. Das Niederschlagswasser, das über den Boden zum Grundwasser sickert (Sickerwasser), gelangt als Basisabfluss (Base Flow) bzw. grundwasserbürtiger Abfluss in die Vorfluter. Ohne Entnahme oder Zuleitung von Wasser in einem Einzugsgebiet entspricht der grundwasserbürtige Abfluss der Grundwasserneubildung. Wenn das unterirdische Einzugsgebiet bekannt ist, kann die Grundwasserneubildung mit dem Basisabfluss eines Vorfluters auf Plausibilität geprüft werden. Einem betrachteten Bilanzraum kann von außen Wasser zufließen oder es kann aus dem Gebiet nach außen abfließen. Eine Sonderform des Abflusses stellen Dränagen dar, die auf etwa ein Drittel der landwirtschaftlichen Nutzflächen in Deutschland die Entwässerung regeln. Im Allgemeinen können die so abgeführten Wassermengen dem Zwischenabfluss zugeordnet werden. In vielen Fällen schöpfen sie jedoch vor allem im Winterhalbjahr einen Teil des hoch anstehenden Grundwassers ab.

Im langjährigen Mittel befindet sich der Wasserhaushalt im Gleichgewicht. Für Zeiträume, die noch nicht zu einem Gleichgewicht der Ein- und Absträge von Wasser geführt haben, werden Defizit oder Überschuss im Bilanzraum durch die Vorratsänderung berücksichtigt.

Bei aller noch so sorgfältigen und genauen Erfassung der für die Berechnung notwendigen Parameter darf man nicht der Täuschung unterliegen, höchste Genauigkeitsgrade erreichen zu können [2]. Dafür sind die geologischen und meteorologischen Inhomogenitäten häufig zu groß und nicht voll erfassbar. Errechnete Werte stellen immer Integrationen über definierte Gebiete dar. Von besonderer Wichtigkeit ist eine zuverlässige Abgrenzung der zu betrachtenden (unterirdischen) Einzugsgebiete. Insbesondere in mächtigen bzw. hoch durchlässigen Porengrund-

wasserleitern sind die Wechselwirkungen mit den Gewässern (z. B. Unterströmungen und Versickerungen) zu beachten.

Außer den genannten Einflüssen sind auch Fehler bei der Datenermittlung zu berücksichtigen. So beträgt z. B. nach Richter [3] die durch Messfehler bedingte Abweichung der Niederschlagshöhe bei freier Stationslage in den Wintermonaten bis

tiv geringen Verdunstung in den Mittelgebirgen nimmt der Gesamtabfluss vom Tiefland zu den höheren Lagen deutlich zu. Vom Gesamtabfluss wird der Direktabfluss abgetrennt. Die Berechnung des Direktabflusses erfolgt über die Bestimmung des Anteils  $p$  am Gesamtabfluss. Er nimmt mit steigendem Flurabstand ab und ist bei bindigen Böden deutlich größer als bei

## » Der Niederschlag ist, abgesehen von der (künstlichen) Zuführung von Wasser, die einzige positive Eingangsgröße in der Wasserhaushaltsgleichung. «

über 30 % und geht in den Sommermonaten auf 11 % zurück, während in stark windgeschützten Lagen mit 8 bis 11 % nur geringe jahreszeitliche Unterschiede auftreten [4]. Ungenauigkeiten sind auch bei den anderen Eingangsdaten (potenzielle/reale Evapotranspiration, nutzbare Feldkapazität, kapillarer Aufstieg u. a. m.) zu erwarten [2].

### Berechnungsverfahren

Für die flächendifferenzierte Berechnung der Grundwasserneubildung wurden in der Vergangenheit verschiedene Berechnungsverfahren publiziert. Zu nennen sind die Verfahren nach Bagluva [5], Renger & Strebel [6] und Dorhöfer & Josopait [7]. Bei den Verfahren Bagluva und Renger & Strebel wird generell nicht die Grundwasserneubildung berechnet, sondern lediglich die reale Verdunstung, die vom Niederschlag subtrahiert den Gesamtabfluss ergibt. Bei Dorhöfer & Josopait schließt sich die Aufteilung des Gesamtabflusses in den Direktabfluss und den grundwasserbürtigen Abfluss an. Letzterer ist bei fehlender Entnahme der Grundwasserneubildung gleichzusetzen. Bei verschiedenen weiteren Autoren [1, 8, 9] erfolgt die Aufteilung des Gesamtabflusses über den Baseflow-Index BFI, der aus Auswertungen der Pegeldata von Gewässern abgeleitet wird. Hier ist allerdings Vorsicht geboten, da wasserwirtschaftliche Einflüsse auf das Abflussgeschehen berücksichtigt werden müssen (z. B. Im- und Export von Wasser über die Wasserscheide, Talsperren und andere Abfluss regulierende Einflüsse).

Die Ergebnisse der Verfahren sind grundsätzlich vergleichbar. Bei der jeweiligen Problemstellung ist vor der Anwendung immer auch die Verwendbarkeit der Verfahren zu prüfen. Beispielsweise wurde das Verfahren von Renger & Strebel in einem niederschlagsarmen Raum entwickelt. Die Verdunstung ist bei diesem Verfahren sehr stark vom Niederschlag abhängig, sodass in niederschlagsreichen Gebieten zu hohe reale Verdunstungswerte berechnet werden. Die Methode ist somit bei Jahresniederschlägen über 750 mm/a nur bedingt anwendbar. Bei der Auswahl eines Berechnungsverfahrens ist außerdem die Datenverfügbarkeit von Bedeutung (z. B. Alter des Baumbestandes bei Bagluva).

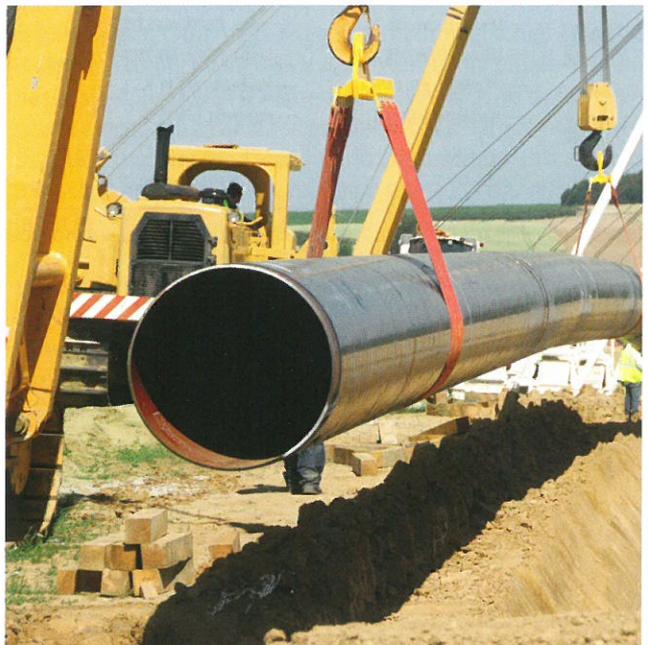
In Abbildung 2 sind für das Verfahren GWneu [10] die benötigten Eingangsdaten mit ihren Abstufungen und die berechneten Größen sowie die Beziehungen zueinander angegeben. Für die Berechnung von Verdunstung und Direktabfluss wird eine Flächenverschneidung der jeweils notwendigen Grundlagenparameter im GIS durchgeführt. Das Verfahren ist generell für mitteleuropäische Verhältnisse einsetzbar.

Die Berechnung der Verdunstung erfolgt nach dem Verfahren Bagluva [5]. Die Gras-Referenzverdunstung wird dabei nach Turc-Wendling [4, 11] berechnet und daraus die maximale Verdunstung ermittelt. Aufgrund der hohen Niederschläge und der rela-

nicht bindigen Böden. Der Direktabflussanteil nimmt von Acker- bzw. Grünland über Mischvegetation bis zum Wald ab. Auch auf Waldstandorten ist bei hohen Hangneigungen bzw. gering durchlässigen Böden ein deutlicher Direktabfluss zu verzeichnen. Durch eine Verschneidung der flächendifferenzierten Ergebnisse von Niederschlag, Verdunstung und Direktabfluss erhält man nach der Berechnung mit der Wasserhaushaltsgleichung die Grundwasserneubildung in mm/a für jede in sich homogene Kleinfläche. Die bei der Flächenverschneidung zwangsläufig entstehenden Kleinstflächen können eliminiert werden.

### Eingangsdaten und deren Bedeutung

Der Niederschlag ist, abgesehen von der (künstlichen) Zuführung von Wasser, die einzige positive Eingangsgröße in der Wasserhaushaltsgleichung. Niederschlagsdaten können für Messstationen und Raster sowohl korrigiert als auch unkorrigiert vom Deutschen Wetterdienst bezogen werden. →



Kompakte Informationen:  
[www.bbr-online.de](http://www.bbr-online.de)  
[www.facebook.de/bbrfachmagazin](https://www.facebook.de/bbrfachmagazin)

-bbr

Die Verdunstung ist abhängig von verschiedenen Klimaparametern. In der Rangfolge ihrer Bedeutung sind dies: relative Luftfeuchtigkeit, Lufttemperatur bzw. Sättigungsdampfdruck der Luft, Strahlungsbilanz (Globalstrahlung und Sonnenscheindauer) und Windgeschwindigkeit. Maßgebend sind vor allem die klimatischen Verhältnisse im Sommerhalbjahr, da hier über 80 % der Verdunstung stattfinden. Eine Temperaturzunahme von 1 C führt zu einer Verdunstungszunahme um 15 bis 30 mm/a und die Verringerung der Sonnenscheindauer um zehn Stunden pro Monat um 10 bis 20 mm/a (Berechnung nach Turc-Wendling [11]). Bei meso- und mikroskaligen Bearbeitungen ist es erforderlich, eine weitere Differenzierung in Abhängigkeit von der Hangrichtung vorzunehmen. Ebenso bietet sich eine Berücksichtigung stadtklimatischer Zonen im urbanen Raum an. Auch die langjährige potenzielle Verdunstung kann vom Deutschen Wetterdienst in einem Raster bezogen werden. Ebenso können aus Messdaten der Lufttemperatur, der relativen Luftfeuchte und der Sonnenscheindauer potenzielle Verdunstungswerte

berechnet werden. Zur Berücksichtigung regionalklimatischer Effekte, wie beispielsweise stadtklimatischer Einflüsse, sind weitergehende Erkenntnisse zu berücksichtigen [12].

Wesentliches Merkmal zur Einstufung der Böden ist die nutzbare Feldkapazität. Daneben spielen die Tiefe des effektiven Wurzelraumes, vorhandene Staunässe und die Durchlässigkeit eine Rolle für die Einstufung. Je durchlässiger ein Boden ist, desto schneller sickert das Wasser in tiefere Bereiche ab. Die nutzbare Feldkapazität (nFK, Wassergehalt zwischen dem Welkepunkt und demjenigen, den der Boden maximal gegen die Schwerkraft speichern kann) des effektiven Wurzelraumes ist in durchlässigen Böden (Sandböden) gering, sodass weniger Wasser verdunsten kann, als bei geringer durchlässigen Böden (Lehmböden). Darüber hinaus ist der Direktabfluss bei Sandböden gering. Somit ist die Grundwasserneubildung bei Sandböden höher als bei wenig durchlässigen Böden. Bei Festgesteinen ist deren Einfluss auf den Wasserhaushalt von der Durchlässigkeit bzw. der nutzbaren Feldkapazität der Deckschichten abhängig. Während bei der

Rendzina auf Kalksteinböden von vergleichsweise geringer Verdunstung und geringem Direktabfluss ausgegangen werden kann, ist bei Rankern aus Silikatgesteinen bei geringer Verdunstung (wegen des fehlenden Bodenspeichers) von einem hohen Direktabfluss auszugehen. Ebenso besitzen staunasse Böden (Pseudogleye) hohe Direktabflussanteile. Die Einstufung von Aufschüttungen ist insofern schwierig, da sie in den digitalen Bodenkarten nicht mit Kenndaten belegt sind. Nach Möglichkeit sollten hier Bohrungen im Hinblick auf die nutzbare Feldkapazität bzw. die Unterscheidung in rollige und bindige Oberböden ausgewertet werden.

Bei geringem Flurabstand steht ein ausreichendes Wasserdargebot für die Verdunstung zur Verfügung (reale Verdunstung entspricht der potenziellen Verdunstung). Während Grundwasser kapillar aufwärts in die Wurzelzone steigt, gelangt Sickerwasser abwärts aus den Niederschlägen ins Grundwasser. Die Grundwasserneubildungsrate ist dabei die Differenz aus beiden Komponenten. Bei geringen Niederschlägen und hoher Verdunstung (z. B. Bruchwaldstandort) kann es hierbei zu einer Grundwasserzehrung kommen. Bei geringen Flurabständen ist das Gelände vielfach durch Gräben und Dränagen entwässert, sodass auch der Direktabfluss höher ist als bei hohen Flurabständen. Abbildung 3 zeigt die Abhängigkeit der realen Verdunstung vom Flurabstand bei ausgewählter Flächennutzung.

Bei der Berechnung werden nicht die Angaben über semiterrestrische Böden aus digitalen Bodenkarten

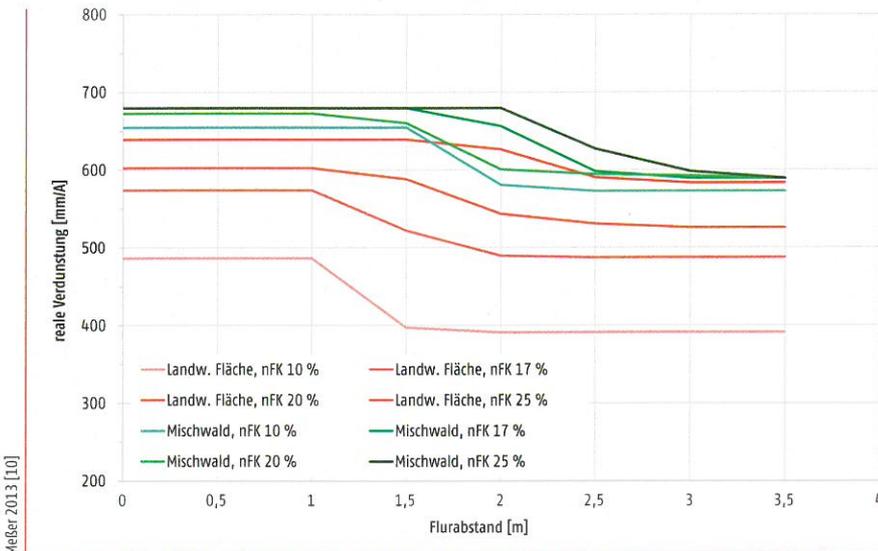


Abb. 3 – Abhängigkeit der realen Verdunstung vom Flurabstand bei verschiedenen Böden und Nutzungen, berechnet nach Bagliva [5]

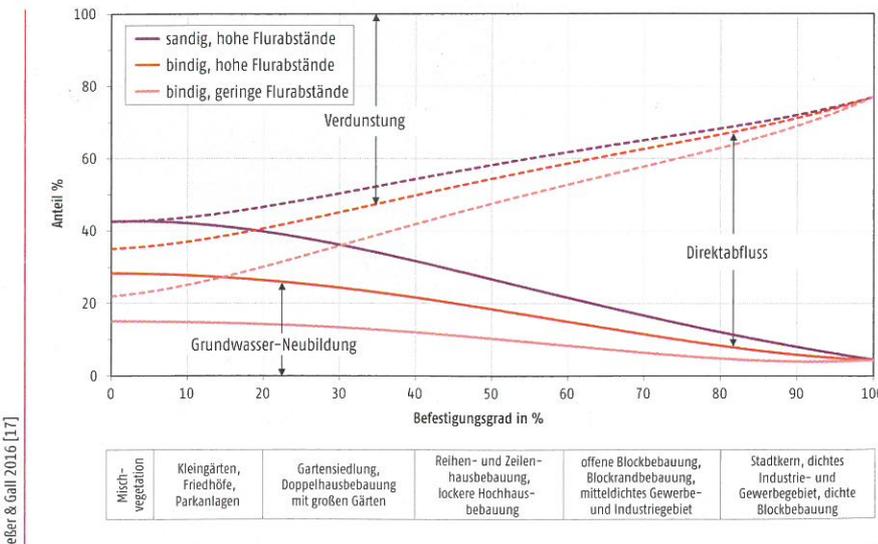


Abb. 4 – Wasserhaushaltsgrößen in Abhängigkeit von der Befestigung bei einem Sandboden mit hohen Flurabständen (> 3 m) und einem Niederschlag von 800 m/a

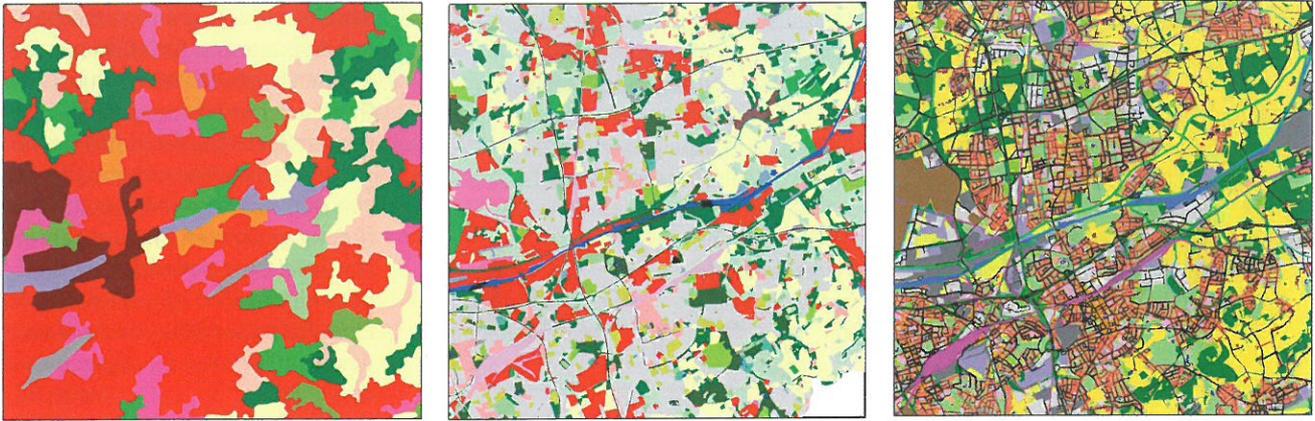


Abb. 5 – Beispielhafter Ausschnitt 10 km x 10 km aus verschiedenen digitalen Datensätzen: links: CORINE (geringe Auflösung), mittig: ATKIS (mittlere Auflösung), rechts: RVR-Nutzung (hohe Auflösung); rot/grau: Bebauung, Industrie; grün: Laub-, Misch-, Nadelwald; gelb/orange: Landwirtschaft; blau: Gewässer

verwendet (auch wenn dies nach wie vor möglich ist), sondern es wird nach Möglichkeit auf separate Flurabstandsdaten zurückgegriffen. Dies ermöglicht, anthropogene Veränderungen, die nach Erstellen der digitalen Bodenkarten entstanden sind, in den Wasserhaushaltsberechnungen zu berücksichtigen. Beispielsweise entsprechen in weiten Teilen des Ruhrgebietes die in der digitalen Bodenkarte dargestellten Flurabstände (Grundwassertiefe) insbesondere wegen der Bergsenkungen und anderer anthropogener Veränderungen nicht den aktuellen Verhältnissen. So können auch Grundwasserneubildungsdifferenzen durch wasserwirtschaftlich relevante Eingriffe berechnet werden.

Neben den Böden besitzt auch die Flächennutzung bzw. die Vegetation einen großen Einfluss auf die Verdunstung und den Direktabfluss und damit auch auf die Grundwasserneubildung. Maßgebend sind hier vor allem die Art der Vegetation und das Alter der Gehölze. Bei gleichen Böden nimmt die Grundwasserneubildung in der folgenden Richtung ab: Acker > Grünland > Mischvegetation > Laubwald > Nadelwald.

Die Bodenversiegelung ist eine Isolierung der Pedosphäre von der Atmosphäre. Durch unterschiedliche Baumaterialien wird der Grad des Isolierungseffektes beeinflusst. Der Übergang von versiegelten über teilversiegelten zu unversiegelten Böden ist fließend. Heute wird eher die Begrifflichkeit des Befestigungsgrades verwendet. Unter dem Befestigungsgrad versteht man den Anteil befestigter Flächen, unabhängig davon, ob diese Flä-

bundpflaster ca. 60 % und ist damit höher als bei Wald. Insbesondere bei einem Befestigungsgrad unter 20 % sind die befestigten Flächen oft nicht an die Kanalisation angeschlossen, so dass das abfließende Niederschlagswasser über die Bankette versickern kann.

Flächendeckend für die Bundesrepublik Deutschland liegen vom Statistischen Bundesamt (Bodenbedeckung CORINE) sowie von den Landesvermessungsämtern der Bundesländer (Amtliches topographisch-kartographisches Informationssystem ATKIS) raumbezogene digitale Nutzungsdaten vor. Darüber hinaus gibt es für die Ballungsräume höher aufgelöste digitale Daten. Die genannten digitalen Datenbestände unterscheiden sich im Hinblick auf die Differenzierung der Nutzungsarten und die räumliche Auflösung. Ihnen ist gemeinsam, dass die Differenzierung der Nutzungsarten stadthydrologischen Erfordernissen nur wenig gerecht wird. Bezogen auf die Differenzierung der Besiedlungstypen wird ausschließlich nach Art der Nutzung bzw. Branche unterschieden und nicht nach Befestigungsgrad. Der Befestigungsgrad kann bei Wohnbauflächen zwischen 38 % (lockere Zeilenhausbebauung) und 95 % (Stadtkern) variieren [13]. Anhand einer Kartierung der Befestigungsflächen wurden für die einzelnen Nutzungsarten der genannten Datensätze mittlere Befestigungsgrade berechnet und einer Klassifizierung in 20 %-Stufen zugeordnet [12]. Damit sind die Daten für wasserwirtschaftliche Fragestellungen, insbesondere in urbanen Räumen, besser nutzbar.

## » Beim Vergleich von Neubildung und grundwasserbürtigem Abfluss müssen das unterirdische Einzugsgebiet und die Entnahmen bekannt sein. «

chen durchlässig oder undurchlässig sind und an die Kanalisation angeschlossen sind. Generell nehmen mit steigendem Befestigungsgrad die Verdunstung ab und der Direktabfluss zu (Abb. 4). Da der Direktabflussanteil deutlich stärker ansteigt, als die Verdunstung abnimmt, verringert sich die Grundwasserneubildung mit zunehmender Befestigung. Die geringfügige Grundwasserneubildung bei einer Befestigung von 100 % ist ausschließlich der Versickerung teildurchlässiger Bodenbeläge zuzurechnen. Beispielsweise beträgt der Versickerungsanteil am Niederschlag bei Rasengittersteinen und neuem Betonver-

Die CORINE-Daten sind von den digitalen Nutzungsdaten die am wenigsten differenzierten Daten (Abb. 5). Im Vergleich mit den übrigen Datensätzen ist erkennbar, dass die Darstellung stark generalisiert ist. Sie ist in Bezug auf wasserwirtschaftliche Fragestellungen lediglich für makroskalige Bearbeitungen verwendbar. Die Auflösung der Landnutzung ATKIS ist mesoskaligen Fragestellungen angemessen. Für mikroskalige Berechnungen insbesondere in Ballungsräumen bieten sich regionale Daten an. Für das Ruhrgebiet liegen beispielsweise hochdetaillierte Daten des Regionalverbands Ruhrgebiet (RVR) vor.

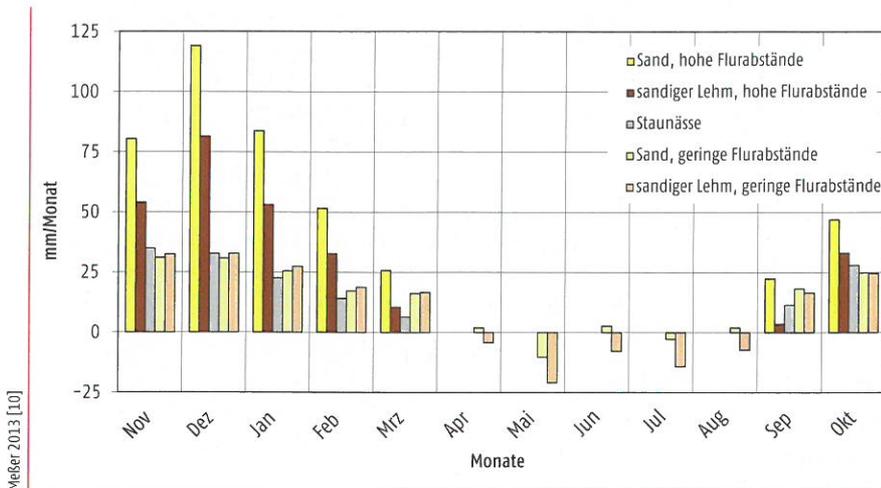


Abb. 6 – Monatliche Grundwasserneubildung in mm/Monat unterschiedlicher Böden und Flurabstände bei Grünlandnutzung und geringer Hangneigung

Es werden darin 152 verschiedene Nutzungstypen unterschieden. Die geometrische Genauigkeit beträgt 3 m.

Mit steigender Hangneigung nimmt der Direktabfluss zu und damit die Grundwasserneubildung ab. Beeinflusst wird der Direktabflussanteil auch von der Tiefgründigkeit und Durchlässigkeit der Böden bzw. Gesteine. Durch die Hangneigung und Exposition wird auch die Verdunstung beeinflusst, insbesondere bei mittleren und hohen Hangneigungen. Nach [14] ist auf den nordexponierten steilen Hängen mit einer bis zu 8 % (Hangneigung bis 10 %) bzw. bis zu 30 % (Hangneigung > 10 %) geringeren Verdunstung zu rechnen. Auf südexponierten Hängen ist sie um den gleichen Betrag höher. In Abhängigkeit von der Hangausrichtung und Hangneigung ist bei meso- und mikroskaliger Bearbeitung eine Modifikation der realen Verdunstung erforderlich. Bei einem Gefälle > 4 % ist bei Hangausrichtungen nach Norden eine Herabstufung der potenziellen Verdunstung und nach Süden eine Höherstufung zu empfehlen. Dieser Einfluss beschränkt sich auf die Bereiche mit einer potenziellen Verdunstung unter 540 mm/a, da bei höherer potenzieller Verdunstung die schlechte Wasserverfügbarkeit einer Verdunstungserhöhung entgegensteht.

Mithilfe eines digitalen Geländemodells können die Flächen gleicher Hangneigungsklassen und gleicher Hangausrichtung berechnet werden. Je nach geforderter Detailgenauigkeit können unterschiedliche Rasterdatensätze verwendet werden. Bei makroskaliger Bearbeitung reicht ein Rasterdatensatz von 50 m x 50 m aus, während bei mikroskaliger Bearbeitung eine Rasterweite von 5 m x 5 m anzuraten ist, um steile Böschungen adäquat abbilden zu können. Ebenso wichtig wie die Rasterweite sind die mit Sachverstand zu wählenden Interpolationsfunktionen und Glättungsfunktionen bei der Polygonbildung.

Welche Teileinzugsgebiete gewählt werden bzw. wie weit diese differenziert werden, ist von der jeweiligen Fragestellung abhängig. Bei der Berechnung der Grundwasserneubildung zur Ermittlung des grundwasserbürtigen Abflusses von Gewässern ist darauf zu achten, dass das unterirdische Einzugsgebiet des jeweiligen Gewässers bekannt ist und als Teileinzugsgebiet verwendet wird. Zur Verifizierung sollte möglichst ein Vergleich mit den aus Abflussdaten ermittelten grundwasserbürtigen Abfluss erfolgen (z. B. Verfahren nach Natermann [15]). Bei der Umrechnung von der Grundwasser-

neubildung zum grundwasserbürtigen Abfluss sind Grundwasserentnahmen (wenn das Wasser nach dem Gebrauch das Einzugsgebiet auf einem anderen Weg verlässt) bzw. Versickerungen zu berücksichtigen. Die von den Umweltbehörden zur Verfügung gestellten Einzugsgebiete von Gewässern stellen üblicherweise oberirdische Einzugsgebiete dar. Im Einzelfall ist zu prüfen, ob diese auch den unterirdischen Einzugsgebieten entsprechen.

### Grundwasserneubildung im Jahresverlauf

Die Grundwasserneubildung im Jahresverlauf kann mithilfe der klimatischen Bodenwasserbilanz gemäß [4] berechnet werden. Die zeitliche Verteilung der Grundwasserneubildung innerhalb eines Jahres wird u. a. von folgenden Faktoren bestimmt:

- Verteilung der Niederschläge im Jahresverlauf,
- zeitliche Verteilung der potenziellen Wasserverfügbarkeit bzw. Verdunstung,
- Grundwasserflurabstand,
- nutzbare Feldkapazität, Wasserhaltevermögen des Bodens.

Tabelle 1 – Zusammenfassung der Einflussgrößen und der jeweiligen Wirkung auf den Wasserhaushalt

Einflussgröße	Wirkung auf den Wasserhaushalt
potenzielle Verdunstung	mit steigender Höhe bzw. niedrigerer Temperatur nimmt die potenzielle Verdunstung ab, im Stadtzentrum ist sie höher als im Umland
Böden	bei geringer nutzbarer Feldkapazität ist die Grundwasserneubildung hoch, da Verdunstung und Direktabfluss geringer sind als bei hoher
Flurabstand	bei hohen Flurabständen ist die Grundwasserneubildung hoch, da Verdunstung und Direktabfluss geringer sind als bei geringen Flurabständen, bei geringen Flurabständen kann die Zehrung die Grundwasserneubildung übersteigen
Flächennutzung	die Grundwasserneubildung nimmt von Acker über Grünland und Mischvegetation zu Laubwald und Nadelwald ab
Befestigung	mit steigendem Befestigungsgrad nimmt die Verdunstung ab und der Direktabfluss deutlich stärker zu, die Grundwasserneubildung nimmt ab
Hangneigung	mit steigender Hangneigung nimmt der Direktabfluss zu, sodass die Grundwasserneubildung abnimmt
Hangrichtung	auf steilen südexponierten Hängen ist die Verdunstung höher als im ebenem bzw. ost- und westexponiertem Gelände, auf nordexponierten entsprechend geringer

In Abbildung 6 sind als Beispiel die Ergebnisse im Jahresverlauf für verschiedene Böden und Flurabstände bei Grünlandnutzung und geringer Hangneigung dargestellt. Deutlich erkennbar ist die hohe winterliche Grundwasserneubildung bei geringer nutzbarer Feldkapazität (Sandböden) und hohen Flurabständen, während bei geringen Flurabständen die Grundwasserneubildung im Winter geringer ist und im Sommer eine Zehrung eintritt.

### Zusammenfassung

Die jeweiligen Einflussgrößen und die Wirkung auf den Wasserhaushalt sind in Tabelle 1 zusammenfassend aufgeführt.

### Literatur

- [1] Neumann, J. (2004): Flächendifferenzierte Grundwasserneubildung von Deutschland – Entwicklung und Anwendung des makroskaligen Verfahrens HAD-GWNeu. Dissertation Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 137 S.; Halle.
- [2] Meßer, J. (2012): Bestimmung der Grundwasserneubildung; In: Hötting & Coldewey (Hrsg.): Hydrogeologie – Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie, 8. Auflage. 242–249; Berlin-Heidelberg.
- [3] Richter, D. (1995): Ergebnisse methodischer Untersuchungen zur Korrektur des systematischen Messfehlers des Hellmann-Niederschlagsmessers – Berichte des Deutschen Wetterdienstes, 194, 93 S.; Offenbach a. M.
- [4] ATV-DWK (2002): Verdunstung in Bezug zu Landnutzung, Bewuchs und Boden. Merkblatt M 504, 144 S.; Hennef.
- [5] Glugla, G., Jankieicz, P., Rachimow, C., Lojek, K., Richter, K., Fürtig, G., Krahle, P. (2003): Bagluva – Wasserhaushaltsverfahren zur Berechnung vieljähriger Mittelwerte der tatsächlichen Verdunstung und des Gesamtabflusses. Bundesanstalt für Gewässerkunde: BfG-Bericht Nr. 1342: 102 S.; Koblenz.
- [6] Renger, M., Strebel, O. (1980): Jährliche Grundwasserneubildung in Abhängigkeit von Bodennutzung und Bodeneigenschaften. Wasser und Boden, 32 (8): 362–366, 4 Abb., 3 Tab.; Hamburg.
- [7] Dörhöfer, G., Josopait, V. (1980): Eine Methode zur flächendifferenzierten Ermittlung der Grundwasserneubildungsrate. Geol. Jb., C 27: 45–65, 13 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- [8] Bogena, H., Kunkel, R., Schöbel, T., Schrey, H. P., Wendland, F. (2003): Die Grundwasserneubildung in Nordrhein-Westfalen. Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt, Band 37; Jülich.
- [9] Hergesell, M., Berthold, G.: (2005): Entwicklung eines Regressionsmodells zur Ermittlung flächendifferenzierter Abflusskomponenten in Hessen durch Regionalisierung des Baseflow-Index (BFI). Jahresbericht 2004 des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, 4–66; Wiesbaden.
- [10] Meßer, J. (2013): Ein vereinfachtes Verfahren zur Berechnung der flächendifferenzierten Grundwasserneubildung in Mitteleuropa. Lippe Gesellschaft für Wassertechnik mbH, 61 S., www.gwneu.de; Essen.
- [11] Wendling, U. (1995): Berechnung der Gras-Referenzverdunstung mit der FAO Penman-Monteith-Beziehung. Wasserwirtschaft, 85: 602–604.
- [12] Stock, P. (1992): Synthetische Klimafunktionskarte Ruhrgebiet. Kommunalverband Ruhrgebiet, 68 S., 43 Abb., 6 Tab., 7 Karten; Essen.
- [13] Meßer, J. (1997): Auswirkungen der Urbanisierung auf die Grundwasser-Neubildung im Ruhrgebiet unter besonderer Berücksichtigung der Castroper Hochfläche und des Stadtgebietes Herne. DMT-Berichte aus Forschung und Entwicklung, Heft 58; Bochum.
- [14] Golf, W. (1981): Ermittlung der Wasserressourcen im Mittelgebirge. Wasserwirtschaft – Wassertechnik 31:93–95.

[15] Natermann, E. (1951): Die Linie des langfristigen Grundwassers (Aul) und die Trockenwetter-Abflußlinie (TWL). Wasserwirtschaft 1951, Tagung in München 1950, S. 12ff.; Stuttgart.

[16] Sendt, A., Meßer, J. (2008): Interpretation digitaler Nutzungsdaten zur Quantifizierung/Abschätzung der Befestigung bei stadt-hydrologischen Fragestellungen. KA Korrespondenz Abwasser, Abfall: 55 (4): 346–357, 4 Tab., 2 Abb.

[17] Meßer, J., Gall, S. (2016): Angepasste Regenwasserversickerung als Kompensation des Eingriffes in die Grundwasserneubildung durch Bebauung. Korrespondenz Abwasser Abfall 63(1): 22–27; Hennef.

### Autor

Dr. Johannes Meßer  
Emscher Wassertechnik GmbH / Lippe Wassertechnik GmbH  
Brunnenstr. 37  
45128 Essen  
Tel.: 0201 3610-400  
messer@ewlw.de  
www.ewlw.de



Wasserhaltung | Brunnenbau  
 Umwelttechnik | Grundwassermanagement





**TriKK®**

GÜNSTIG TRIKKERN  
STATT TEUER  
REGENERIEREN.

Informieren Sie sich über die neueste Generation der Hochleistungsentsandung:

**ERREICHEN SIE EINEN BIS ZU 10x HÖHEREN SEDIMENTAUSTRAG!**

Für weitere Informationen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung, persönlich oder über unsere Website:

[WWW.HOELSCHER-WASSERBAU.DE/TRIKK](http://WWW.HOELSCHER-WASSERBAU.DE/TRIKK)



Hölscher Wasserbau GmbH  
Hinterm Busch 23  
49733 Haren (Ems)

Telefon 05934 707-0  
info@hoelscher-wasserbau.de  
www.hoelscher-wasserbau.de