



## 02.13 Wasserhaushalt 2022

### Zusammenfassung

Wieviel Regen versickert im Tiergarten? Wieviel verdunstet auf dem Tempelhofer Feld? Und welche Mengen landen am Potsdamer Platz in der Kanalisation? Darüber informiert Berlin in diesem Thema. Daten des Deutschen Wetterdienstes oder der Berliner Wasserbetriebe werden dazu mit dem Wissen kombiniert, wie es vor Ort aussieht. In einem Park verdunstet und versickert beispielsweise viel mehr Wasser als auf einem asphaltierten Parkplatz.

Für die Wasserbewirtschaftung einer Großstadt muss bekannt sein, wo Wasser versickert und wo es sich neu bildet. Um das möglichst kleinteilig nachzuvollziehen, wurde die Stadt in 25.000 Einzelflächen aufgeteilt. Mit dem Wasserhaushaltsmodell Berlin ABIMO wurde für insgesamt sechs Jahrgänge modelliert, was mit den Niederschlägen dort im langjährigen Durchschnitt passiert.

Insgesamt verdunsten in Berlin fast zwei Drittel der Niederschläge. Vom Rest versickern wiederum zwei Drittel; das andere Drittel wird über die Kanalisation weggeführt.

Auch die Berliner können etwas für ihren Wasserhaushalt tun. Grüne Dächer beispielsweise fangen Regen auf, bevor er über Abflussrohre in der Kanalisation landet, und begünstigen die Verdunstung. Seit 2017 ist auch dieser Einfluss erfasst.

Die hier präsentierten Karten von 2022 sind Teil der Ergebnisse des Forschungsprojekts „AMAREX – Anpassung des Managements von Regenwasser an Extremereignisse“. Das Verbundvorhaben wird vom Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) innerhalb der Fördermaßnahme Wasserextremereignisse (WaX) gefördert (Förderkennzeichen: 02WEE1624A-H). Die Fördermaßnahme läuft unter dem Dach des Bundesprogramms Wasser: N und ist Teil der BMFTR-Strategie Forschung für Nachhaltigkeit (FONA).

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Forschung, Technologie  
und Raumfahrt



Förderkennzeichen: 02WEE1624A-H

Weitere Ergebnisse des Forschungsprojekts, die über das Thema Wasserhaushalt hinausgehen, sind in der [Umweltatlaskarte 02.25](#) sowie unter <https://www.amarex-projekt.de/de> veröffentlicht.

### Einleitung

Eine möglichst genaue Kenntnis über den Wasserhaushalt ist Voraussetzung für eine wasserwirtschaftliche Planung und Bewirtschaftung der Wasserressourcen, die sich an den Grundsätzen der Nachhaltigkeit orientiert. Gerade im Berliner Raum, der im Vergleich zu anderen Ballungsräumen über nur begrenzte Wasserressourcen verfügt, die in einem deutlichen Missverhältnis zur Zahl der Einwohner und ihrem Trink- und Brauchwasserbedarf und dem damit verbundenen Abwasseranfall stehen, ist die Bilanzierung der Komponenten des Wasserhaushaltes von besonderer Bedeutung.

Darüber hinaus ist es

- für den Gewässerschutz wichtig, die anfallende Menge Oberflächenwasser abschätzen zu können, die in die Gewässer eingeleitet wird, da mit dem Niederschlagswasser erhebliche Schadstofffrachten in die Gewässer gelangen,

- für den Grundwasserschutz wichtig, über Kenntnisse zur Versickerungsfähigkeit der Böden zu verfügen, da der Stofftransport aus kontaminierten Böden zum großen Teil über das Sickerwasser erfolgt,
- für Naturschutz und Landschaftspflege wichtig, die Wasserverfügbarkeit für die Vegetation aus Grundwasserneubildung und kapillarem Wasseraufstieg aus dem Grundwasser abzuschätzen.

Das durch Niederschläge einem Gebiet zugeführte Wasser wird in Abhängigkeit von klimatologischen Bedingungen und anderen Gebieteigenschaften mit unterschiedlichen Anteilen in die **Wasserhaushaltsgrößen** Verdunstung, oberirdischer Abfluss (Oberflächenabfluss), unterirdischer Abfluss (Versickerung bzw. Grundwasserneubildung) und Wasservorratsänderung aufgeteilt. Der zunächst zu ermittelnde Parameter ist der Gesamtabfluss als Summe des ober- und unterirdischen Abflusses.

Nach der allgemeinen Wasserhaushaltsgleichung entspricht der Gesamtabfluss der Differenz aus Niederschlag minus realer Verdunstung. Die Verdunstung ist bei dieser Berechnung die entscheidende Größe, die unter natürlichen Verhältnissen hauptsächlich durch die Vegetation, die klimatischen Bedingungen und die Bodenverhältnisse bestimmt wird.

In einem Stadtgebiet ist die reale Verdunstung gegenüber dem Umland jedoch stark modifiziert. Durch Bebauung und Versiegelung ist die Verdunstung in der Stadt deutlich geringer als auf den mit Vegetation bestandenen Flächen. Während die Pflanzen durch ihr Blätterwerk ständig transpirieren, verdunstet von Bauwerken und versiegelten Flächen nur das wenige Wasser, das auf den Oberflächen nach dem Regen haften geblieben ist. Der Gesamtabfluss ist also in urbanen Gebieten deutlich höher als in vegetationsreichen Gebieten.

In Berlin werden seit einigen Jahren vermehrt Dachbegrünungen als ein Element der Regenwasserbewirtschaftung eingesetzt. Damit werden der Ablauf von Regenwasser reduziert und Verdunstungsflächen geschaffen. Um diesen Effekt in den Wasserhaushaltskarten des Umweltatlas zu berücksichtigen, fließen seit 2017 die Gründächer Berlins (vgl. [Umweltatlaskarte 06.11](#)) in die Berechnungen ein.

Die hier präsentierten Karten von 2022 sind Teil der Ergebnisse des Forschungsprojekts „AMAREX – Anpassung des Managements von Regenwasser an Extremereignisse“. Das Verbundvorhaben wird vom Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) innerhalb der Fördermaßnahme Wasserextremereignisse (WaX) gefördert (Förderkennzeichen: 02WEE1624A-H). Die Fördermaßnahme läuft unter dem Dach des Bundesprogramms Wasser: N und ist Teil der BMFTR-Strategie Forschung für Nachhaltigkeit (FONA).

Gefördert durch:



Förderkennzeichen: 02WEE1624A-H

Das Wasserhaushaltsmodell Berlin ABIMO 3.2 (AbflussBildungsMOdell) wurde hierfür vorab als freie Software veröffentlicht (<https://github.com/umweltatlas/abimo>). Im Laufe der Projektzeit wurde ABIMO 3.2 vom Kompetenzzentrum Wasser Berlin (KWB, <https://www.kompetenz-wasser.de/de>) umfangreich getestet und weiterentwickelt. Die erfolgten Weiterentwicklungen werden, sofern sie die Methode und neue Parameter betreffen, unter Methode beschrieben:

- Validierung der Modellberechnung durch Vergleich mit Abflussdaten der Berliner Klärwerke (vgl. Exkurs),
- Technischer Umbau der C++-Anwendung zu einer R-Anwendung,
- Getrennte Wasserhaushaltsmodellierung von Block(teil)- und Straßenflächen,
- Behebung eines Fehlers, der in der bisherigen Berechnung zu der Überschätzung der Größe des unversiegelten Flächenanteils bei der Berechnung der Versickerung von Block(teil)flächen inklusive anteiliger Straßenfläche geführt hat,
- Integration der Einflussgröße Dachbegrünung in die Wasserhaushaltsmodellierung innerhalb der R-Anwendung,

- Möglichkeit zur Integration der Effekte von Versickerungsmulden (Dies wurde aufgrund von mangelnder Datengrundlage für die Gesamtstadt nicht in den Karten berücksichtigt. Im AMAREX Webtool besteht jedoch die Möglichkeit, Versickerungsmulden für die Planung zu berücksichtigen.),
- Verwendung der Grünvolumenzahl 2020 (vgl. [Umweltatlaskarte 05.09](#)) zur Bestimmung von individuellen Verdunstungsparametern pro Block(teil)- bzw. Straßenfläche, anstelle der bisher verwendeten pauschalen Zuweisung über die Flächennutzung,
- Entwicklung des neuen Parameters Delta-W, die Abweichung zum natürlichen Wasserhaushalt in Prozent,
- Generalisierung der Modellogik zur erleichterten Übertragbarkeit auf andere Standorte. (Berlinspezifische Eingangsgrößen wie der Stadtstrukturtyp und die Nutzungskategorie wurden vom Modellinput entfernt. Stattdessen wurden davon abgeleitete Parameter wie Ertrag und Beregnung direkt als Eingangsgrößen integriert. Dadurch konnte das Modell auf Köln übertragen werden.),
- Entwicklung des AMAREX Webtools (<https://amarex-staging.netlify.app/amarex>): hierbei handelt es sich um ein Planungstool, mit dem im Berliner Stadtgebiet für eine individuelle Gebietsauswahl verschiedene Maßnahmen (Entsiegelung, Dachbegrünung, Anschluss an Mulden) ausgewählt werden können. Für die gewählte Maßnahmenplanung werden anschließend die Wasserhaushaltsgrößen des Status quo und nach Ausführung der Planungen aufgezeigt. Die Ergebnisse können gespeichert, neu geladen sowie als Report gedruckt werden.

Die innerhalb des AMAREX-Projekts weiterentwickelte Version von ABIMO ist unter <https://github.com/KWB-R/kwb.rabimo> veröffentlicht.

Weitere Ergebnisse des Forschungsprojekts, die über das Thema Wasserhaushalt hinausgehen, sind in der [Umweltatlaskarte 02.25](#) sowie unter <https://www.amarex-projekt.de/de> veröffentlicht.

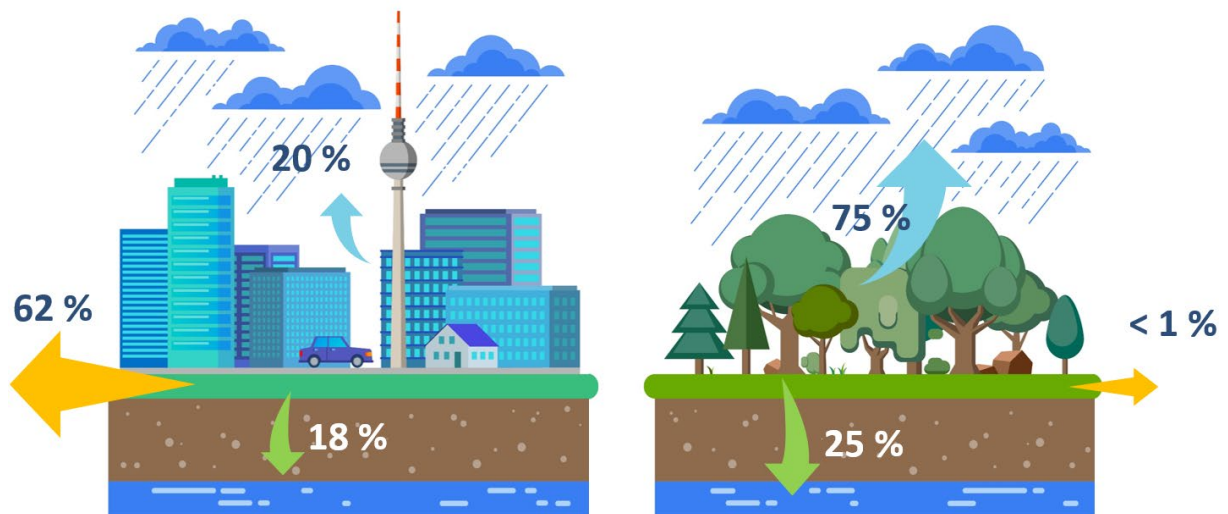


Abb. 1: Typischer Wasserhaushalt von versiegelten Flächen und Vegetationsflächen (blaue Pfeile: Verdunstung, gelbe Pfeile: Oberflächenabfluss, grüne Pfeile: Versickerung) (© Kompetenzzentrum Wasser Berlin)

Der Gesamtabfluss charakterisiert am besten die hydrologischen Bedingungen von Teilflächen und Einzugsgebieten. Für geschlossene Einzugsgebiete entspricht die Summe des gebildeten Abflusses aller Teilflächen dem gesamten ober- und unterirdischen Abfluss des Gebietes, dem **Wasserdargebot**.

In städtischen Gebieten mit **versiegelten Flächen** fließt abhängig vom Anschlussgrad dieser Flächen an die Kanalisation ein Teil des Gesamtabflusses den Wasserläufen direkt über die entsprechenden Einleitungsstellen oder indirekt über die Klärwerke zu. Der verbleibende Teil der Abflussbildung versickert am Rande der versiegelten oder innerhalb der teilversiegelten Flächen in tiefere Schichten unterhalb der verdunstungsbeeinflussten Zone und speist das Grundwasser. Für diese Flächen kann somit bei Kenntnis des Ausbaus der Regenwasserkanalisation die Versickerung bzw. die Grundwasserneubildung aus der Abflussbildung durch Abzug der Regenwasserableitung ermittelt werden.

Die auf diese Weise ermittelten Werte der Versickerung und des Oberflächenabflusses sind in erster Linie für wasserwirtschaftliche Fragestellungen von Bedeutung und sind wichtige Kenngrößen für den Wasserhaushalt urbaner Gebiete.

Im Rahmen der Bewertung der Leistungsfähigkeit von Böden für den vorsorgenden Bodenschutz oder für die Eingriffsbewertung nach dem Naturschutzgesetz ist jedoch die Ermittlung der Versickerung auf unversiegelten Böden von besonderem Interesse. Aus diesem Kennwert kann einerseits die unterschiedliche Leistungsfähigkeit der Böden für die Versickerung abgeleitet werden. Andererseits kann im Rahmen von Planungen abgeschätzt werden, welchen Einfluss eine geplante zukünftige Versiegelung auf die Versickerungsleistung eines Plangebietes haben würde. Diese Aussagen können mit den Werten der Karte „02.13.2 Versickerung aus Niederschlägen“ nicht getroffen werden, da hier für die jeweiligen Bezugsflächen Mittelwerte aus versiegelten und unversiegelten sowie aus kanalisierten und nicht kanalisierten Flächenanteilen dargestellt sind.

Aus diesen Gründen ist zusätzlich zur Karte 02.13.2 die Ermittlung und Darstellung der Versickerung unversiegelter Flächen (Karte **02.13.4**) vorgenommen worden. Dargestellt wird **die Versickerung aus Niederschlägen ohne Berücksichtigung der Versiegelung**. Hier wurde im Rahmen des Forschungsprojekts AMAREX die Annahme geändert. Wie bisher wurde die Versiegelung für alle Flächen auf 0 % gesetzt und zusätzlich wurde bei den in der Realität versiegelten Flächen eine Stadtparklandschaft mit einer Mischung aus begrünten und baumbestandenen Flächen angenommen. Bei Vegetationsflächen, die eine höhere Vegetationsintensität (ehemals Ertragsklasse) als Stadtparklandschaft hatten, wie z. B. Wald, wurde nichts geändert. Die Versickerung von Niederschlägen auf unversiegelten Böden fließt in die Bodenfunktionskarte „Regelungsfunktion für den Wasserhaushalt der Böden“ ein ([Umweltatlaskarte 01.12.4](#)).

Die DWA-Richtlinie M 102-4 empfiehlt, bei Neubauprojekten die Abweichung vom **natürlichen Wasserhaushalt** möglichst gering zu halten. Um diese Abweichung zu quantifizieren wurde im Rahmen des Forschungsprojekts AMAREX auf Basis der drei Wasserhaushaltskomponenten Oberflächenabfluss, Verdunstung und Versickerung der Parameter Delta-W (Karte 02.13.6) entwickelt. Dieser beschreibt die prozentuale Abweichung vom Wasserhaushalt eines natürlichen Referenzszenarios (Stadtparklandschaft mit einer Mischung aus begrünten und baumbestandenen Flächen). Das Referenzszenario ist grundsätzlich unversiegelt und unbebaut.

Unter **Grundwasserneubildung** wird hier der Vorgang verstanden, bei dem durch Versickerung von Niederschlägen Grundwasser entsteht. Die Höhe der Grundwasserneubildung unterscheidet sich von der Höhe der Sickerwasserbildung. Sie ist gegenüber der Sickerwasserrate zusätzlich um den Anteil des Zwischenabflusses oder Interflows (Anteil des Abflusses der den Vorflutern aus den oberflächennahen Bodenschichten zufließt) vermindert.

Die Kenntnis der Höhe der Grundwasserneubildung ist insbesondere unter der zu erwartenden Veränderung des Wasserhaushalts durch Klimaänderungen für eine langfristige und auf Nachhaltigkeit angelegte Nutzung der Grundwasserressourcen wichtig und darüber hinaus für die Abschätzung der potentiellen Gefahr eines Transportes von Schadstoffen aus der ungesättigten Zone in das Grundwasser (Verleger und Limberg 2013, Löschner 2008).

## Datengrundlage

Die Datengrundlagen zur Berechnung der Abflussgrößen wurden aus dem Berliner Informationssystem Stadt und Umwelt (ISU5 2020) für die ca. 25.000 Block(teil)flächen und erstmals auch für ca. 32.000 Straßenflächen des räumlichen Bezugssystems des ISU zur Verfügung gestellt.

Die Daten der **Flächennutzung 2020** beruhen auf der Auswertung von Luftbildern und weiteren Geodaten (vgl. [Umweltatlaskarten 06.01 und 06.02](#) sowie [06.08](#)). Es werden 22 Nutzungsarten sowie 52 Flächentypen unterschieden. Die Daten der Flächennutzung spielen im Wasserhaushaltsmodell eine wichtige Rolle. Wenn keine lagegenauen Daten für notwendige Eingangsparameter zur Verfügung stehen, werden pauschalisierte Mittelwerte pro Nutzungsart oder Flächentyp auf Block- bzw. Teilblockebene angegeben. Dies trifft für 2022 hauptsächlich auf die Zuweisung des Anschlussgrads an die Kanalisation zu (s. u.).

Im Rahmen des Forschungsprojekts AMAREX wurden die in ABIMO benötigten **Verdunstungsparameter** einer Block(teil)- bzw. Straßenfläche anhand der vorhandenen Grünvolumenzahl 2020 (vgl. [Umweltatlaskarte 05.09](#)) zugewiesen, wodurch die pauschale Zuweisung über die Flächennutzung ersetzt werden konnte.

Die langjährigen Mittelwerte des **Niederschlags** der Jahresreihe 1991 bis 2020 und zwar die Jahresmittel und die Mittel für das Sommerhalbjahr (Mai-Oktober) wurden aus den HYRAS-DE-PRE-

Daten vom Deutschen Wetterdienst (DWD) auf Block(teil)- und Straßenflächen aggregiert (vgl. [Umweltatlaskarte 04.08](#)) und für die Wasserhaushaltsmodellierung verwendet.

Für die **potentielle Verdunstung** wurden langjährige Mittelwerte der um 10 % erhöhten TURC-Verdunstung verwendet, die aus Beobachtungen an Klimastationen im Berliner Raum berechnet wurden. Dabei wurden für das Stadtgebiet bezirksweise Werte zwischen 660 und 672 mm/Jahr und zwischen 505 und 513 mm für das Sommerhalbjahr zugeordnet.

Der **Versiegelungsgrad** wurde u. a. durch die Auswertung von ALKIS-Daten (Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem) für die bebaut versiegelten Flächen und die Analyse von hoch auflösenden multispektralen Satellitenbilddaten und weiteren Geodaten für die unbebaut versiegelten Flächen sowie die Analyse der Straßenbefahrungsdaten für die Straßenflächen für den Umweltatlas bestimmt (vgl. [Umweltatlaskarte 01.02](#), 2021). Im Datenbestand wird zwischen der **bebaut versiegelten** Fläche (Dachfläche) und der **unbebaut versiegelten** Fläche (Parkplätze, Wege etc.) unterschieden. Für die unbebaut versiegelte Fläche war außerdem der Anteil der einzelnen **Belagsarten** eine wichtige Eingangsgröße. Die Belagsarten wurden in vier Belagsklassen sowie fünf Belagsklassen für die Straßenflächen zusammengefasst (vgl. Tab. 2) und spezifisch für die einzelnen Flächentypen auf Testflächen im Gelände ermittelt und dann auf alle Blockteilflächen gleichen Flächentyps bezogen.

Die **bodenkundlichen Daten** zur nutzbaren Feldkapazität des Flachwurzelraums (0-30 cm) und zur nutzbaren Feldkapazität des Tiefwurzelraumes (0-150 cm) wurden der Bodendatenbank zur Bodengesellschaftskarte der "Bodengesellschaftskarte Berlin - Nutzbare Feldkapazität" (vgl. [Umweltatlaskarte 01.06.2](#), 2020) entnommen.

Die **Flurabstände** wurden von 2009 verwendet. Diese Flurabstände stellen ein Jahr mit mittleren Grundwasserständen dar (vgl. [Umweltatlaskarte 02.07](#)).

Die Angaben zur **Kanalisation** wurden der Karte "Entsorgung von Regen- und Abwasser" (vgl. [Umweltatlaskarte 02.09](#), 2022) entnommen. In den erstmals über Anschlusspunkte ausgewerteten Block(teil)flächen wurde markiert, ob innerhalb einer Block(teil)fläche in die Regenwasserkanalisation eingeleitet wird. Zudem konnte erstmals eine Auswertung der Straßenflächen der Berliner Wasserbetriebe (BWB 2022) genutzt werden, die besagt, ob eine Straßenabschnitt regenwasserkanalisiert ist. Die Aussage auf Block(teil)fläche führt dazu, dass alle versiegelten Flächen einer Block(teil)fläche als regenwasserkanalisiert in die Wasserhaushaltsmodellierung einfließen, obwohl sie in der Realität ggf. in Teilen nicht an die Kanalisation angeschlossen sind. Dies betrifft auch Flächen, die einem dezentralen Regenwassermanagement unterliegen. Darüber lagen zum Zeitpunkt der Kartierung keine flächendeckenden Daten für Berlin vor.

Aus der Karte zur Kanalisation geht auch nicht hervor, in welcher Größenordnung das Wasser, das auf den bebauten oder versiegelten Flächen anfällt, tatsächlich abgeführt wird. Hierzu wurden für die Wasserhaushaltskartierung 2005 spezielle Untersuchungen durchgeführt. Für die Abschätzung des **tatsächlichen Anschlussgrades an die Kanalisation** lagen zwei Datengrundlagen vor. Einerseits die im Rahmen einer Diplomarbeit von Bach 1997 ermittelten Pauschalwerte für die einzelnen Flächentypen. Die zweite Datengrundlage wurde im Rahmen der Neuordnung des Abwasserentgeltes durch die Berliner Wasserbetriebe (BWB) erhoben. Es wurde eine grundstücksscharfe Erhebung der versiegelten Flächen durchgeführt und dabei zwischen angeschlossenen und nicht angeschlossenen versiegelten Flächen unterschieden. Ziel der Erhebung war es, die Kosten für die Regenwasserentsorgung weitgehend nach dem Verursacherprinzip zu erheben. Diese Daten wurden auch graphisch erfasst und der Senatsverwaltung aggregiert auf die Bezugsflächen des räumlichen Bezugssystems des ISU übergeben. Die Auswertung dieser Daten ergab jedoch, dass die graphische Erfassung durch die BWB nicht flächendeckend erfolgte. Aus diesem Grund konnten die Originaldaten nicht direkt für das Wasserhaushaltsmodell des Umweltatlas verwendet werden. Ausgehend von der Überlegung, dass der Anschlussgrad eng von Alter und Struktur der Bebauung abhängig ist, wurden daher aus den Daten der BWB und der flächendeckend vorliegenden Kartierung der Stadtstrukturtypen (vgl. [Umweltatlaskarten 06.07 und 06.08](#), 2010) für die einzelnen Flächentypen rechnerisch Mittelwerte ermittelt und diese dann als Pauschalwerte allen kanalisierten Einzelflächen des entsprechenden Flächentyps zugeordnet. Die Ergebnisse sind in Tab. 1 zusammengefasst. Ein Vergleich der Werte mit den von Bach 1997 ermittelten Werten ergab eine gute Übereinstimmung. Lediglich die Anschlussgrade der unbebaut versiegelten Flächen der nicht oder gering bebaute Grün- und Freiflächen weichen z. T. stark von den von Bach ermittelten Werten ab. Da die Analyse des BWB-Datenbestandes ergeben hat, dass gerade in diesen Gebieten die unbebaut versiegelten Flächen nicht oder unzureichend erfasst wurden, wurde für diesen Strukturtyp der Wert von Bach beibehalten. Die tatsächlichen

Kanalisierungsgrade der Straßenflächen konnten erstmal aus den Daten der BWB (2022) übernommen werden. Wurde in diesen Daten ein Straßenabschnitt als regenwasserkanalisiert markiert, ging er zu 100 % in die Wasserhaushaltmodellierung ein. Tab. 1 zeigt die pauschalen Anschlussgrade pro Flächentyp, die auch in die Berechnung der Wasserhaushaltsmodellierung 2022 eingeflossen sind.

Typ	Flächentypen	Kanalisierungsgrad bebaut versiegelter Flächen	Kanalisierungsgrad unbebaut versiegelter Flächen
1	Dichte Blockbebauung, geschlossener Hinterhof (1870er - 1918), 5 - 6-geschossig	98	75
2	Geschlossene Blockbebauung, Hinterhof (1870er - 1918), 5-geschossig	95	70
3	Geschlossene und halboffene Blockbebauung, Schmuck- und Gartenhof (1870er - 1918), 4-geschossig	85	55
6	Mischbebauung, halboffener und offener Schuppenhof, 2 - 4-geschossig	75	54
7	Entkernte Blockrandbebauung, Lückenschluss nach 1945	94	65
8	Heterogene, innerstädtische Mischbebauung, Lückenschluss nach 1945	94	75
9	Großsiedlung und Punkthochhäuser (1960er - 1990er), 4 - 11-geschossig und mehr	95	64
10	Blockrandbebauung mit Großhöfen (1920er - 1940er), 2 - 5-geschossig	93	46
11	Freie Zeilenbebauung mit landschaftlichem Siedlungsgrün (1950er - 1970er), 2 - 6-geschossig	86	50
12	Altbau-Schule (Baujahr vor 1945)	87	66
13	Neubau-Schule (Baujahr nach 1945)	90	68
16	Sportanlage, ungedeckt	68	51
17	Sportanlage, gedeckt	99	83
21	Dörfliche Mischbebauung	49	46
22	Reihen- und Doppelhäuser mit Gärten	49	41
23	Freistehende Einfamilienhäuser mit Gärten	38	30
24	Villen und Stadtvillen mit parkartigen Gärten (überwiegend 1870er - 1945)	56	45
25	Verdichtung im Einzelhausgebiet, Mischbebauung mit Garten und halbprivater Umgrünung (1870er bis heute)	60	38
27	Friedhof	63	56
29	Kerngebiet	94	84
30	Gewerbe- und Industriegebiet, großflächiger Einzelhandel, geringe Bebauung	76	70
31	Gewerbe- und Industriegebiet, großflächiger Einzelhandel, dichte Bebauung	86	80
32	Ver- und Entsorgung	82	78
33	Mischgebiet ohne Wohngebietscharakter, geringe Bebauung	73	62
36	Baumschule / Gartenbau	55	59
37	Kleingartenanlage	59	54
38	Mischgebiet ohne Wohngebietscharakter, dichte Bebauung	86	82
41	Sicherheit und Ordnung	82	75
43	Verwaltung	88	77
44	Hochschule und Forschung	82	66
45	Kultur	89	70
46	Krankenhaus	73	61
47	Kindertagesstätte	89	48
49	Kirche	76	57
51	Sonstige Jugendeinrichtung	64	49
53	Park / Grünfläche	71	60
54	Stadtplatz / Promenade	84	72
55	Wald	0	0
56	Landwirtschaft	0	0
57	Brachfläche	71	67
58	Campingplatz	99	52

Typ	Flächentypen	Kanalisierungsgrad bebaut versiegelter Flächen	Kanalisierungsgrad unbebaut versiegelter Flächen
59	Wochenendhaus- und kleingartenähnliches Gebiet	70	67
60	Sonstiges und heterogenes Gemeinbedarfs- und Sondergebiet	81	69
72	Parallele Zeilenbebauung mit architektonischem Zeilengrün (1920er - 1930er), 2 - 5-geschossig	80	46
73	Geschosswohnungsbau der 1990er Jahre und jünger	76	55
91	Parkplatz	70	68
92	Bahnhof und Bahnanlage ohne Gleiskörper	86	78
93	Flughafen	99	92
94	Sonstige Verkehrsfläche	84	66
98	Baustelle	-	-
99	Gleiskörper	73	70
100	Gewässer	0	0
	Straßenflächen	100	100

**Tab. 1: Effektiver Anschlussgrad versiegelter Flächen an die Kanalisation (Kanalisierungsgrad) für die Flächentypen (differenziert) Berlins (Stand der Auswertung 2012, Stand der Flächentypen 2010, Stand der Anschlussgrade 1997, 2003, ergänzt um Straßenflächen laut BWB)**

Für die Einbeziehung der **Gründächer** wurde die ca. 550 ha extensiv und intensiv begrünten Dachflächen aus der vorhandenen [Umweltatlaskarte 06.11](#), 2020 verwendet.

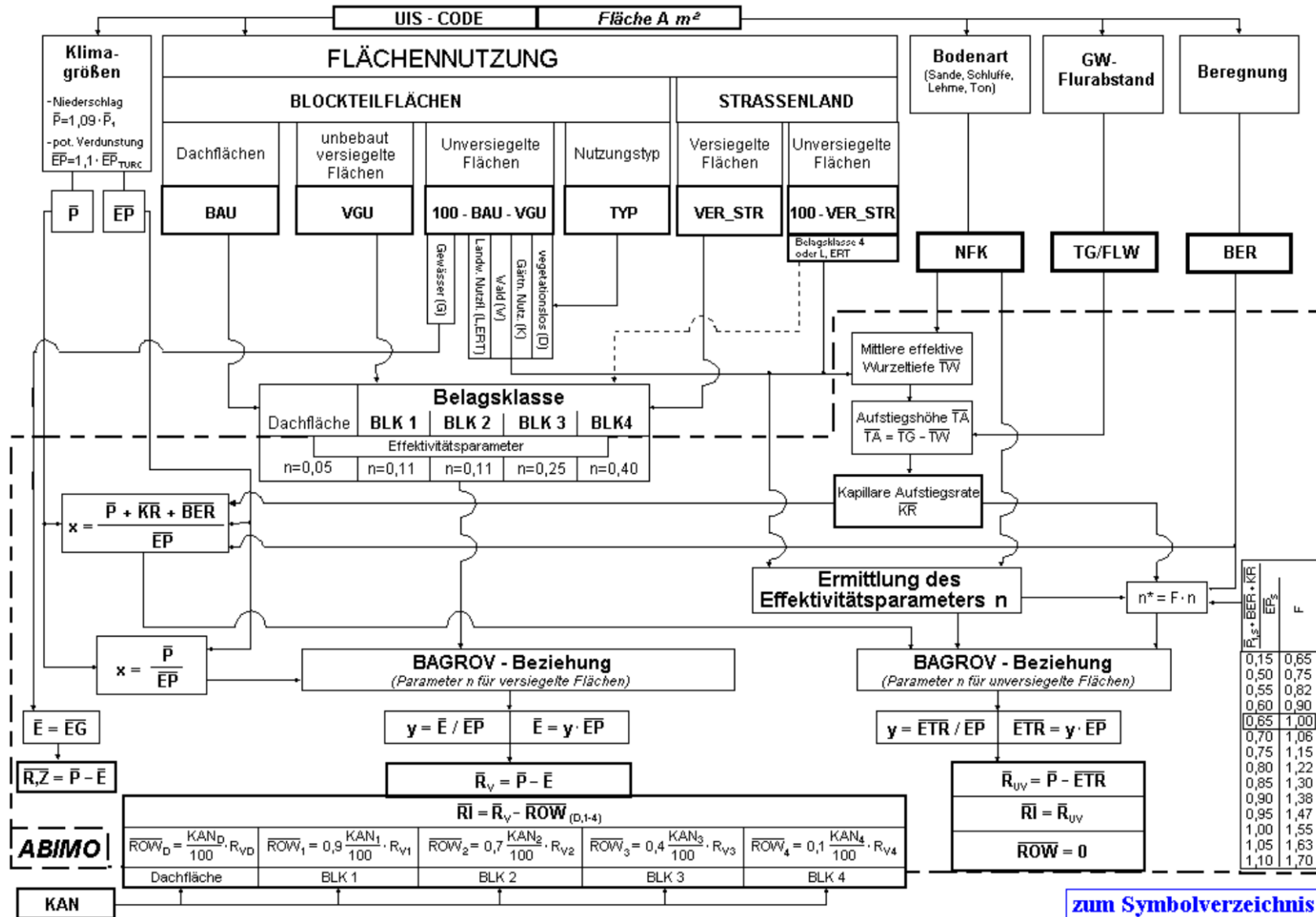
## Methoden

Mitte der 90er Jahre wurde in Kooperation mit der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Außenstelle Berlin, ein Modell entwickelt, programmiert und angewendet, das die wichtigsten Größen des Wasserhaushaltes berechnet.

Das von Glugla entwickelte Wasserhaushaltsmodell ABIMO ist auf der Grundlage bereits seit den 70er Jahren entwickelter Modelle zur Berechnung des Grundwasserdargebots entstanden, und um Bausteine erweitert worden, die der speziellen Situation in urbanen Gebieten Rechnung tragen. Diese Erweiterung wurde gutachterlich durch das Institut für Ökologie (Bodenkunde) der TU Berlin und durch eine Diplomarbeit am Fachbereich Geographie der FU Berlin unterstützt. Bei der rechentechnischen Realisierung, die durch ein externes Softwarebüro erfolgte, wurde es außerdem an die spezielle Datenlage in Berlin angepasst. Seit 2022 ist ABIMO als freie Software in der Version 3.2 unter <https://github.com/umweltatlas/abimo> verfügbar.

Im Rahmen des Forschungsprojekts AMAREX wurde ABIMO 3.2 weiterentwickelt. Dabei erfolgte ein technischer Umbau der C++-Anwendung zu einer R-Anwendung. Diese Version ist unter <https://github.com/KWB-R/kwb.rabimo> ebenfalls frei verfügbar. Mit diesem weiterentwickelten Modell wurden die Karten 2022 aktualisiert. Eine Übersicht der Arbeitsschritte wird im [Schema 2025](#) dargestellt.

Das Berechnungsverfahren ermittelt zunächst die tatsächliche Verdunstung, um den Gesamtabfluss (Niederschlag minus Verdunstung) zu errechnen. Im zweiten Arbeitsschritt wird der Oberflächenabfluss als Teil des Gesamtabflusses bestimmt. Die Differenz aus Gesamtabfluss und Oberflächenabfluss bildet dann den Versickerungsanteil. Einen Eindruck von der Komplexität des Verfahrens vermittelt Abb. 2.



[zum Symbolverzeichnis](#)

### Jahresmittelwerte (mm/Jahr)

$\bar{P}_1$	Niederschlag (1 m Meßhöhe)
$\bar{P}$	Niederschlag im Bodenniveau
$\overline{KR}$	kapillarer Wasseraufstieg aus flurnahem Grundwasser
$\overline{EP}$	potentielle Verdunstung ( $\overline{EP} = 1,1 * \overline{EP}_{TWRG}$ )
$\overline{ETR}$	reale Evapotranspiration von vegetationsbedeckten Landflächen
$\overline{EG}$	Gewässerverdunstung
$\bar{E}$	reale Evaporation von versiegelten und vegetationslosen Flächen (sowie von Gewässerflächen)
$\overline{BER}$	Berechnungsmenge
$\bar{Z} = \bar{P} - (\bar{E}, \overline{ETR}, \overline{EG})$ $(\bar{E}, \overline{ETR}, \overline{EG}) > \bar{P}$	Zehrung aus Grund- bzw. Oberflächenwasser
$\bar{R}_v$	Gesamtabfluß (versiegelte Fläche)
$\bar{R}_{uv}$	Gesamtabfluß (unversiegelte Fläche)
$\overline{ROW}$	Regenwasser- bzw. Schmelzwasserabfluß von der versiegelten Fläche in die Kanalisation (Vorfluter)
$\bar{RI}$	Infiltration in den Boden (unterhalb der verdunstungsbeeinflussten Zone)

### Versiegelte Flächen (in Prozent)

BAU	Dachfläche
VGU	Hof- und Stellfläche (unbebaut versiegelte Fläche)
VER_STR	Straßenfläche
BLK 1, ..., 4	Belagsklasse unbebaut versiegelter Flächen
KAN	Prozentanteil der an die Regenwasserkanalisation angeschlossenen versiegelten Flächen

### Flächennutzung unversiegelter Flächen

L	landwirtschaftliche Nutzfläche (einschließlich Grasland)
W	forstliche Nutzfläche (Annahme gleichmäßig verteilter Bestandsaltersgruppen)
K	gärtnerische Nutzfläche (programmintern: BER = 75 mm/Jahr)
D	vegetationslose Fläche
G	Gewässerfläche

### Bodenart

NFK	nutzbare Feldkapazität (Volumenfeuchte (Vol %) der Feldkapazität minus der des permanenten Welkepunktes)
S, U, L, T	Angabe der Bodenart (Sande, Schluffe, Lehme, Tone;
N, H	Niedermoor, Hochmoor) für die Ermittlung des kapillaren Wasseraufstiegs

### Grundwasserflurabstand und kapillarer Wasseraufstieg

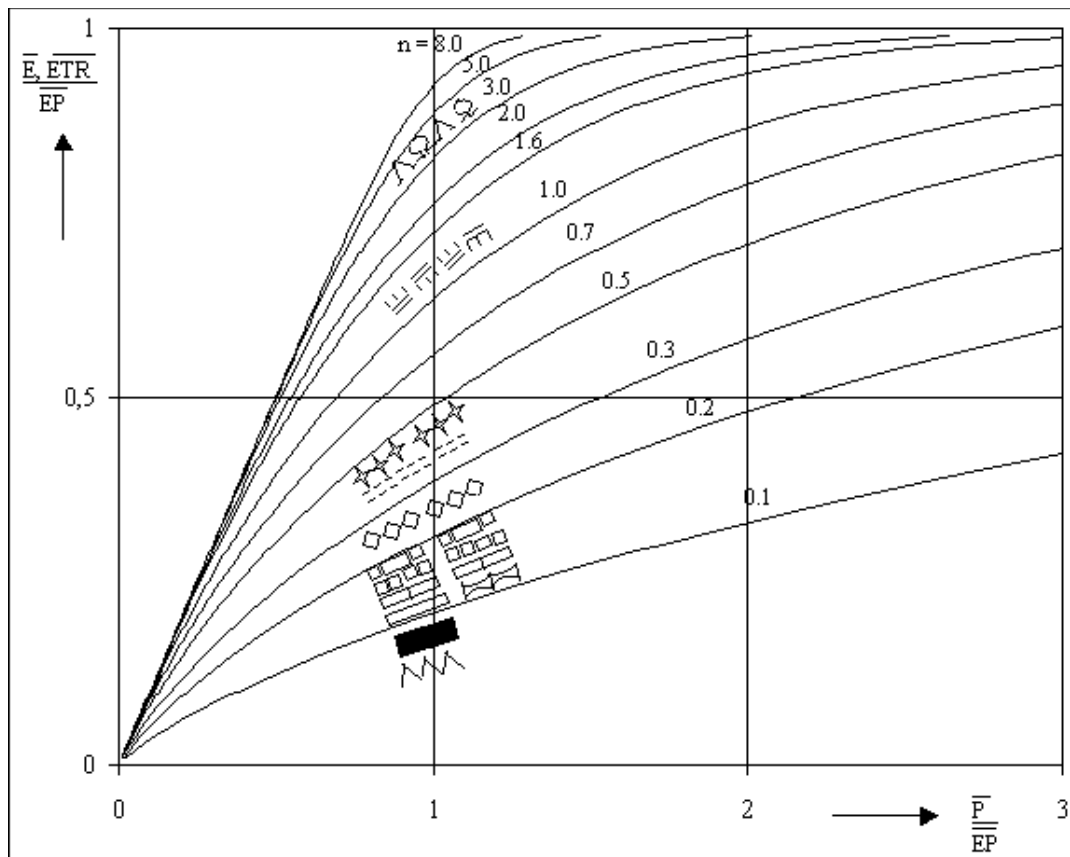
TG	Grundwasserflurabstand (Flurabstandswert FLW in m) zur Bestimmung von KR
TA	Aufstiegshöhe (m), TA = TG – TW
TW	mittlere Ausschöpfungstiefe/effektive Wurzeltiefe (m)

Abb. 2: Flussdiagramm des Modells ABIMO (aus Bach 1997, verändert)

Der **Gesamtabfluss** wird aus der Differenz der langjährigen Jahresmittelwerte des Niederschlags und der realen Verdunstung berechnet. Die **reale Verdunstung**, wie sie im Mittel tatsächlich an Standorten und in Gebieten auftritt, wird aus den wichtigsten Einflussgrößen Niederschlag und **potentielle Verdunstung** sowie den mittleren Speichereigenschaften der verdunstenden Flächen berechnet. Bei ausreichender Feuchtezufuhr zur verdunstenden Fläche nähert sich die reale Verdunstung der potentiellen. Die reale Verdunstung wird zusätzlich durch die Speichereigenschaften der verdunstenden Fläche modifiziert. Höhere Speicherwirkung (z. B. größere Bindigkeit des Bodens und größere Durchwurzelungstiefe) bewirkt eine höhere Verdunstung.

Dem aufgezeigten Zusammenhang zwischen den mehrjährigen Mittelwerten der realen Verdunstung einerseits sowie des Niederschlags, der potentiellen Verdunstung und der Verdunstungseffektivität des Standorts andererseits genügt die Beziehung nach Bagrov (vgl. Glugla et al. 1971, Glugla et al. 1976, Bamberg et al. 1981 und Abb. 3). Die Bagrov-Beziehung beruht auf der Auswertung langjähriger Lysimeter-Versuche und beschreibt das nichtlineare Verhältnis zwischen Niederschlag und Verdunstung in Abhängigkeit von den Standorteigenschaften. Mit der Bagrov-Beziehung kann bei Kenntnis der Klimagrößen Niederschlag P und potentielle Verdunstung EP (Quotient P/EP) sowie des Effektivitätsparameters n der Quotient reale Verdunstung / potentielle Verdunstung (ER/EP) und somit

die reale Verdunstung ER für Standorte und Gebiete ohne Grundwassereinfluss ermittelt werden. Zur Berechnung der grundwasserbeeinflussten Verdunstung wird ebenfalls das Bagrov-Verfahren in modifizierter Form genutzt, indem die mittlere Kapillarwasserzufuhr aus dem Grundwasser dem Niederschlag zugerechnet wird.



- sandige Böden, forstliche Nutzung
- sandige Böden, landwirtschaftliche Nutzung
- vegetationslose, sandige Böden
- Rasengittersteine
- Bernburger Mosaikpflaster
- Kunststeinplatten mit Mosaikpflaster (Gehweg)
- Mosaikpflaster (Gehweg)
- Betongittersteine (20 % Fugenteil, mit Sand aufgefüllt)
- Betonflächen
- Betonverbundsteine
- Asphalt (Straße)
- Dachflächen

**Langjährige Mittelwerte von:**

- $\bar{E}, \bar{ETR}$  tatsächlicher Evaporation bzw. Evapotranspiration
- $\bar{EP}$  potentieller Verdunstung (1.1 \* TURC-Verdunstung)
- $\bar{P}$  bodengleichem Niederschlag
- $n$  Effektivitätsparameter

**Anmerkung:**

- $\bar{P}$  wird erhöht um:
  - $\bar{KR}$  bei kapillarem Wasseraufstieg aus flurnahem Grundwasser und
  - $\bar{BER}$  bei Beregnung

Abb. 3: Darstellung der Bagrov-Gleichung für ausgewählte Werte des Parameters  $n$  und Abhängigkeit dieses Parameters von Landnutzung und Bodenart (nach Glugla et al. 1995)

Mit wachsendem Niederschlag P nähert sich die reale Verdunstung ER der potentiellen Verdunstung EP, d. h. der Quotient ER/EP nähert sich dem Wert 1. Bei abnehmendem Niederschlag P (P/EP geht gegen den Wert 0) nähert sich die reale Verdunstung ER dem Niederschlag P. Die Intensität, mit der diese Randbedingungen erreicht werden, wird durch die Speichereigenschaften der verdunstenden Fläche (Effektivitätsparameter n) verändert.

Die Speichereigenschaften des Standorts werden insbesondere durch die Nutzungsform (zunehmende Speicherwirksamkeit in der Reihenfolge versiegelte Fläche, vegetationsloser Boden, landwirtschaftliche, gärtnerische bzw. forstliche Nutzung) sowie die Bodenart (zunehmende Speicherwirksamkeit mit höherer Bindigkeit des Bodens) bestimmt.

Maß für die Speicherwirksamkeit des unversiegelten Bodens ist die **nutzbare Feldkapazität** als Differenz der Feuchtwerte des Bodens für Feldkapazität (Beginn der Wasserversickerung im Boden) und für den permanenten Welkepunkt (bleibende Trockenschäden an den Pflanzen). Weitere Landnutzungsfaktoren, wie Hektarertrag, Baumart und -alter, modifizieren den Parameterwert n. Der Parameter n wurde in Auswertung von Beobachtungsergebnissen zahlreicher in- und ausländischer Lysimeterstationen und von Wasserhaushaltsuntersuchungen in Flusseinzugsgebieten quantifiziert.

Für Standorte und Gebiete mit flurnahem Grundwasser tritt infolge Kapillaraufstiegs von Grundwasser in die verdunstungsbeeinflusste Bodenzone je nach Grundwasserflurabstand und Bodeneigenschaften eine gegenüber grundwasserunbeeinflussten Bedingungen erhöhte Verdunstung auf. Die Abflussbildung vermindert sich. Übersteigt die reale Verdunstung den Niederschlag, tritt Wasserzehrung auf, und die Werte für die Abflussbildung werden negativ (z. B. Fluss- und Seenedierungen).

Bei Gewässerflächen tritt infolge höheren Wärmeangebots (geringeres Reflexionsvermögen der Einstrahlung) eine gegenüber Landflächen erhöhte potentielle Verdunstung auf. Die tatsächliche Gewässerverdunstung wird näherungsweise dieser erhöhten potentiellen Verdunstung gleichgesetzt.

Punktuelle Versickerung, z. B. durch die Grundwasseranreicherungsanlagen der Wasserwerke wurde nicht berücksichtigt. Bei gärtnerischer Nutzung (Kleingärten, Wochenendhäuser, Parks, Friedhöfe, Baumschulen/Gartenbau und z.T. bei Wohn- oder Gemeinbedarfs- und Sondernutzungen) wurde zum Niederschlag für die Bewässerung ein Näherungswert addiert (50 - 100 mm/Jahr).

Nachdem der mittlere Gesamtabfluss als Differenz aus Niederschlag und realer Verdunstung berechnet wurde, wird nun in einem zweiten Arbeitsschritt der **Oberflächenabfluss** bestimmt. Auf Dachflächen, die in die Kanalisation entwässern, entspricht der Oberflächenabfluss dem Gesamtabfluss. Flächen, die nicht an die Kanalisation angeschlossen sind, erzeugen keinen Oberflächenabfluss. Ungebaut versiegelte Flächen infiltrieren abhängig von der Art der Oberflächenbeläge (Belagsarten) einen Teil des Abflusses in den Untergrund. Dieser Infiltrationsfaktor ist abhängig von der Breite, dem Alter und der Art der Fugen. Der nicht versickernde Abfluss wird - abhängig von dem Anschlussgrad an die Kanalisation - als Oberflächenabfluss über die Kanalisation abgeleitet oder versickert, sofern er nicht von der Kanalisation erfasst, am Rande der versiegelten Flächen. Ebenso versickern die Anteile der nicht an die Kanalisation angeschlossenen Dachflächen (vgl. Tab. 1). Die Differenz aus Gesamtabfluss und Oberflächenabfluss entspricht somit der **Versickerung** als Ausgangsgröße für die Grundwasserneubildung. Die Verdunstung der Block(teil)flächen wird dann aus der Differenz von korrigiertem Niederschlag (Korrigierter Niederschlag = Niederschlag multipliziert mit dem Faktor 1,09 pauschal für Berlin) und Gesamtabfluss berechnet.

Für die Anwendung des Verfahrens für urbane Gebiete mussten die Parameter n und die Infiltrationsfaktoren für die unterschiedlichen Versiegelungsmaterialien bestimmt werden. Hierzu wurden sowohl Lysimeterversuche mit verschiedenen Versiegelungsmaterialien als auch Berechnungen zum Benetzungsverlust ausgewertet (vgl. Wessolek/Facklam 1997). Die gewählten Größen für die genannten Parameter sind in Tab. 2 aufgeführt. Die mit dem Alterungsprozess durch Verdichtung und Verschlammung der Fugen einhergehende Veränderung dieser Parameter wurde dabei berücksichtigt. Aufgrund nach wie vor unzureichender wissenschaftlicher Grundlagen sind die Angaben jedoch noch mit gewissen Unsicherheiten verbunden. Darüber hinaus wäre für hydrologische Fragestellungen eine andere Zusammenfassung der Belagsarten zu Belagsklassen wünschenswert.

Belagsklasse	Belagsarten	Effektivitätsparameter n	Infiltrationsfaktor F <sub>i</sub>
-	Dachflächen	0,05	0,0
-	Extensive Dachbegrünung	0,65	0,0
1	Asphalt, Beton, Pflaster mit Fugenverguss oder Betonunterbau, Kunststoffbeläge	0,11	0,1

2	Kunststein- und Plattenbeläge (Kantenlänge > 8 cm), Betonverbundpflaster, Klinker, Mittel- und Großpflaster	0,11	0,3
3	Klein- und Mosaikpflaster (Kantenlänge < 8 cm)	0,25	0,6
4	Rasengitterstein, wassergebundene Decke, Schotterrasen	0,40	0,9
5	unbekannt (hierfür werden mittlere Parameterwerte angenommen)	0,25	0,52

**Tab. 2: Effektivitätsparameter  $n$  und Infiltrationsfaktor  $F_i$  für unterschiedliche Belagsklassen**

Für die Ermittlung der Versickerung ohne Berücksichtigung der Versiegelung (Karte 02.13.4) wurden die Eingangsdaten dahingehend verändert, dass die Versiegelung für alle Flächen auf 0 gesetzt und der Vegetationstyp Stadtparklandschaft mit einer Mischung aus begrünten und baumbestandenen Flächen angenommen wurde. Bei anderen realen Grünnutzungen wie z. B. Wald wurde sich nichts verändert.

## Trennung der Modellierung von Block(teil)- und Straßenflächen 2022

Das bestehende Wasserhaushaltsmodell 3.2 ist besonders auf die vorhandenen Daten Berlins und insbesondere auf den Raumbezug des Informationssystems Stadt und Umwelt (ISU) angepasst. Da in der ISU lange Zeit Straßenflächen nicht als eigenständige Flächen kartiert wurden, wurden die Straßenflächen anteilig in den Block(teil)flächen integriert und berücksichtigt.

Für den ISU-Raumbezug 2020 stehen erstmals kleinteilige Straßenflächen mit entsprechenden Daten zur Verfügung. Innerhalb des Forschungsprojekts AMAREX wurde ABIMO so weiterentwickelt, dass die Straßenflächen getrennt von den Block(teil)flächen ausgewertet werden können.

Dafür wurden die zu den Straßenanteilen bezogenen Spalten als optional für das Input Format definiert. Im neuen Datensatz besitzen die Straßenflächen die gleiche Datenstruktur als die restlichen Blockteilflächen und werden vom Modell gleich behandelt.

Bei der Entwicklung dieser Trennung wurde auch ein Fehler behoben, der in der bisherigen Berechnung der Block(teil)flächen inklusive anteiliger Straßenflächen zur Überschätzung der Größe des unversiegelten Flächenanteils bei der Berechnung der Versickerung geführt hatte.

## Verwendung von individuellen Verdunstungsparametern 2022

Im Forschungsprojekt AMAREX wurde ABIMO so weiterentwickelt, dass die vorhandenen Daten der Grünvolumenzahl 2020 (vgl. [Umweltatlaskarte 05.09](#)) zur Bestimmung von individuellen Verdunstungsparametern pro Block(teil)- bzw. Straßenfläche verwendet wird. Dies ersetzt die pauschale Zuweisung über die Flächennutzung bzw. den Flächentyp im Modell.

Dafür wurde basierend auf dem Verhältnis von Vegetationsvolumen zur unversiegelten Fläche aus dem Grundvolumen ein normierter Vegetationsindex berechnet. Dieser Index wurde anschließend linear auf den Wertebereich der ursprünglichen Vegetationsklassifikation skaliert, sodass typische Stadtblöcke Werte zwischen 20 und 30 und größere Parkanlagen Werte um 50 erreichten. Eine exponentielle Anpassung der Skalierung und eine Deckelung auf Maximalwerte (75, einem Wald entsprechend) sorgten für eine realitätsnahe Verteilung. Die Umsetzung wurde anhand mehrerer bekannten Parkanlagen (z. B. Tiergarten, Hasenheide) überprüft. Die resultierenden, skalierten Werte dienen nun als neue, differenzierte Eingangsgröße für die Verdunstungsmodellierung.

## Berücksichtigung des Einflusses begrünter Dächer auf die Daten zum Wasserhaushalt

Durch die in der Umweltatlaskarte [06.11 Gründächer](#) vorliegenden flächendeckenden räumlichen Daten zu begrünten Dachflächen konnten seit 2017 die Effekte der Gründächer auf den Wasserhaushalt mit berechnet werden.

Im Forschungsprojekt AMAREX wurde die Berechnung in ABIMO integriert. Da das ursprüngliche ABIMO-Modell keine explizite Berücksichtigung von Gründächern vorsieht, wurde ein Verfahren entwickelt, um deren Effekte dennoch in die Bilanz einzubeziehen.

Dazu wurde in ABIMO eine neue Flächenkategorie „Gründach“ eingeführt, der – analog zu anderen Kategorien – sowohl ein Bagrov-Wert (vgl. Abbildung 3) als auch ein Infiltrationsbeiwert (vgl. Tabelle 2) zugewiesen wurden. Wie bei der bestehenden Kategorie „Dach“ ist die Infiltration auf 0 gesetzt; ein

abweichender Bagrov-Wert reguliert jedoch die Verdunstung und ermöglicht so die Abbildung des erhöhten Verdunstungsanteils von Gründächern.

Zur Bestimmung dieses Bagrov-Wertes wurde das Wasserbilanzmodell WABILA (DWA, o. J.) herangezogen. WABILA erlaubt eine detaillierte Simulation von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen und liefert entsprechend präzise Wasserbilanzwerte. Es wurde jeweils mit ABIMO und WABILA die Verdunstung berechnet und anschließend der Bagrov-Wert (Faktor) gewählt, der für die meisten Klimaszenarien die Verdunstungsergebnisse angeglichen hat.

## Möglichkeit zur Integration der Effekte von Versickerungsmulden 2022

Es besteht der Bedarf, Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung im Wasserhaushaltsmodell zu berücksichtigen. Dies konnte im Verlauf des Forschungsprojektes AMAREX für Versickerungsmulden umgesetzt werden. Da für die Gesamtstadt jedoch keine flächendeckenden Daten zu Versickerungsmulden vorliegen, wurden diese für die Karten 2022 nicht berücksichtigt. Im AMAREX Webtool (<https://amarex-staging.netlify.app/amarex>) besteht jedoch die Möglichkeit, Versickerungsmulden für die Planung zu berücksichtigen.

Dafür wird der Anteil der abflusswirksamen Fläche, die einer Mulde angeschlossen ist, als weiterer Inputparameter angegeben. Es wird angenommen, dass die Versickerungsmulde ideal funktioniert, das heißt, ein kleiner Teil des Zuflusses wird in Verdunstung umgewandelt, der verbleibende Anteil versickert vollständig. Der genaue Anteil der Verdunstung wird über einem Parameter in der Konfigurationsdatei definiert und beschreibt den Bruchteil des zufließenden Wassers, der in Verdunstung übergeht.

## Delta-W: Abweichung vom natürlichen Wasserhaushalt 2022

Die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) formuliert als Zielsetzung, „die Veränderungen des natürlichen Wasserhaushalts durch Siedlungsaktivitäten in mengenmäßiger und stofflicher Hinsicht so gering zu halten, wie es technisch, ökologisch und wirtschaftlich vertretbar ist“ (DWA, 2022).

Im Forschungsprojekt AMAREX wurde aus diesem Anlass den Parameter Delta-W ( $\Delta W$ ) eingeführt:

$$\Delta W = \frac{1}{2} (|ev_{nat} - ev_{urb}| + |ri_{nat} - ri_{urb}| + |rs_{nat} - rs_{urb}|) * \frac{100\%}{Niederschlag}$$

der die Abweichung von einem ideellen natürlichen Zustand beschreibt. Dabei werden die drei Wasserhaushaltskomponenten – Verdunstung/Evapotranspiration (ev), Versickerung/Infiltration (ri) und Oberflächenabfluss (rs) – jeweils mit ihren natürlichen Referenzwerten verglichen. Das Ergebnis wird als Zahl zwischen 0 und 100 % angegeben.

Als Referenzszenario für einen natürlichen Wasserhaushalt wird eine unversiegelte und unbebaute Fläche in einer Stadtparklandschaft mit einer Mischung aus begrünten und baumbestandenen Flächen (Ertragsklasse = 50) angenommen.

## Technische Neuerungen im Modell 2022

Im Rahmen des Forschungsprojekts AMAREX wurde ABIMO 3.2 weiterentwickelt. Im Folgenden wird kurz auf die technischen Neuerungen im Modell eingegangen:

- Technischer Umbau der C++-Anwendung zu einer R-Anwendung. Der Modell-Code wurde auf Englisch übersetzt. Diese Version ist unter <https://github.com/KWB-R/kwb.rabimo> frei verfügbar.
- Zur Verbesserung der Übertragbarkeit auf andere Städte wurde die Modelllogik generalisiert. Berlinspezifische Eingangsgrößen wie der Stadtstrukturtyp oder die Nutzungskategorie wurden aus dem Modell-Code entfernt. Stattdessen werden nun daraus abgeleitete Größen, wie z. B. Ertrag und Beregnung, direkt über die Inputdaten bereitgestellt. Auch zuvor fest im Modell verankerte Parameter, wie etwa die potenzielle Verdunstung, wurden aus dem Modellkern gelöst und können nun flexibel über die Eingabedaten definiert werden. Dadurch konnte das Modell auch in Köln angewendet werden.

## AMAREX Webtool

Das AMAREX Webtool (<https://amarex-staging.netlify.app/amarex>) ist ein Prototyp eines Planungstools, mit dem im Berliner Stadtgebiet für eine individuelle Gebietsauswahl verschiedene Maßnahmen (Entsiegelung, Dachbegrünung, Anschluss an Mulden) ausgewählt werden können. Für die gewählte Maßnahmenplanung werden anschließend die Wasserhaushaltsgrößen des Status quo und nach Umsetzung der Planungsszenarien aufgezeigt. Die Ergebnisse können gespeichert, neu geladen sowie als Report gedruckt werden.

Nutzerinnen und Nutzer können dafür in zwei Modi arbeiten:

- Quartiersebene: Hier können mehrere Block(teil)- und Straßenflächen gleichzeitig ausgewählt werden. Die Maßnahmen werden dann mithilfe von Schiebereglern pauschal auf das gesamte Auswahlgebiet angewendet. Dabei wird darauf geachtet, dass die Maßnahmen automatisch sinnvoll verteilt werden. Beispielsweise führt die Festlegung eines Zielwerts von 30 % für begrünte Dachflächen nicht dazu, dass bereits stärker begrünte Dächer „verschlechtert“ werden, sondern lediglich un- oder weniger begrünte Dächer ergänzt werden.
- Lokale Ebene: In diesem Modus kann gezielt eine einzelne Fläche ausgewählt werden. Auf dieser lassen sich vordimensionierte Maßnahmen an spezifischen Stellen platzieren, wodurch eine detaillierte und ortsgenaue Planung ermöglicht wird. Der genaue Ort der Platzierung innerhalb der Fläche hat allerdings keinen Einfluss auf die Modellberechnung und dient lediglich der besseren Veranschaulichung im Planungstool.

## Endergebnis

Im Ergebnis der Berechnungen liegen für ca. 25.000 Block(teil)flächen und ca. 32.000 Straßenflächen aktualisierte langjährige Mittelwerte für den Gesamtabfluss, die Verdunstung, den Oberflächenabfluss und die Versickerung inkl. der Berücksichtigung der Gründächer vor. Die Werte wurden klassifiziert in mm/Jahr in den vorliegenden Karten dargestellt; die Gesamtmengen in m<sup>3</sup>/Jahr wurden ebenfalls errechnet und bilanziert. Es muss beachtet werden, dass die dargestellten Werte Mittelwerte über die als einheitliche Flächen dargestellten Block(teil)- und Straßenflächen sind, die in der Realität inhomogene Strukturen aufweisen. Die Abflüsse versiegelter und unversiegelter Flächen werden hier zu einem Durchschnittswert pro Fläche gemittelt. Aus den Karten kann z. B. nicht abgelesen werden, wie hoch die Versickerungsleistung eines Quadratmeters unversiegelten Bodens ist. Hierzu ist daher eine ebenfalls flächendeckende und blockbezogene Berechnung mit veränderten Randparametern – also unter der Annahme gänzlich unversiegelter Verhältnisse - vorgenommen worden, deren Ergebnisse in der Karte 02.13.4 dargestellt sind. Erstmals wird auch Delta-W, die Abweichung vom natürlichen Wasserhaushalt dargestellt.

## Kartenbeschreibung

### Veränderung 2022

Die Ergebnisse der Wasserhaushaltsmodellierung 2022 weichen zum Teil stark von den Ergebnissen von 2017 ab und sind nur bedingt miteinander vergleichbar. Folgende Änderungen in der Methode und der Datengrundlage haben Auswirkungen auf die Ergebnisse:

- Erstmals wurden 2022 die Straßenflächen getrennt von den Block(teil)flächen bearbeitet, sodass jetzt auch optisch eine flächendeckende Kartierung des Wasserhaushalts vorliegt. Einerseits lagen erstmal getrennte Datengrundlagen vor und andererseits wurde ABIMO im Forschungsprojekt AMAREX dafür weiterentwickelt.
- Viele scheinbare Änderungen zwischen 2017 und 2022 sind dadurch begründet, dass die Datengrundlage der regenwasserkanalisierten Flächen enorm verfeinert wurde. Bis 2017 wurde die Annahme verfolgt, dass Flächen, die an eine Regenwasser- bzw. Mischwasserkanalisation grenzen, auch regenwasserkanalisiert sind. 2022 standen erstmals Anschlusspunkte pro Block(teil)fläche zur Verfügung. Zudem konnten auch Straßenflächen lagebezogen vorhandene Regenwasseranschlusspunkte zugeordnet werden (BWB 2022). Die Zuweisung der Kanalisation erfolgte erstmal flächendeckend individuell und nicht für einzelne Flächennutzungen pauschal (z.B. waren bis 2017 Parks pauschal nicht regenwasserkanalisiert). Dies hat vor allem in den Außenbereichen Änderungen beim Oberflächenabfluss und der Versickerung hervorgebracht. In vielen Bereichen sind hier nur die Straßenflächen, nicht aber die Block(teil)flächen an die Regenkanalisation angeschlossen. Hier wird die Realität 2022

dadurch besser abgebildet als noch 2017.

Jedoch treten nun wenige Straßenabschnitte (ca. 30 Stück) in der Innenstadt in der Versickerungskarte 2022 hervor. Diese Flächen (z.B. 0000000001000806 in der Taubenstraße nahe dem Gendarmenmarkt) sind laut Datengrundlage nicht regenwasserkanalisiert, weisen jedoch einen sehr hohen Versiegelungsgrad (im Beispiel 100 %) auf. Dies führt im Modell ABIMO dazu, dass kein Oberflächenabfluss, sondern nur Versickerung berechnet wird. Diese Flächen fallen mit Werten von mehr als 450 mm Versickerung auf. Dies ist nicht real und muss in Zukunft entweder in den Datengrundlagen oder im Modell ABIMO korrigiert werden.

- Durch die 2022 verwendete Grünvolumenzahl pro Block(teil)- und Straßenfläche anstelle von pauschalen Verdunstungswerten je Flächennutzung sind in den Parks große Unterschiede zu 2017 zu erkennen.

Gut zu sehen ist der Unterschied in der Verdunstung vor allem an den großflächigen Parks, dem Großen Tiergarten mit über 500 mm und z.B. den Grünflächen auf dem Tempelhofer Feld mit 370 mm.

Die Verwendung von flächenspezifischen Werten führt hier in jedem Fall zu einer realeren Betrachtung der Verdunstung im Modell ABIMO.

Durch die Nutzung der Grünvolumenzahl treten in der Karte der Verdunstung bei Ackerflächen auch große Unterschiede zu 2017 auf. Dies ist auch dadurch begründet, dass bis 2017 pauschale Werte angenommen wurden.

- Neue methodische Vorgaben bei der Karte „Versickerung ohne Berücksichtigung der Versiegelung“:

Als Referenzszenario für einen natürlichen Wasserhaushalt wurde nicht nur die Versiegelung auf 0 % angepasst (wie bis 2017), sondern für bisher versiegelte Flächen eine Stadtparklandschaft mit einer Mischung aus begrünten und baumbestandenen Flächen (Ertragsklasse = 50) angenommen.

## Kartenbeschreibung

Die Karte des **Gesamtabflusses** (Karte 02.13.3) zeigt für die hoch versiegelten Innenstadtbereiche (S-Bahn-Ring) Gesamtabflüsse im Bereich von 350-450 mm/Jahr, im hochverdichteten City-Bereich und einigen Industriegebieten liegen die Werte noch darüber. Hier verdunsten also - bezogen auf die Niederschlagsmesswerte (in 1 m Höhe), die etwa 10-15 % unter den bodengleichen Niederschlägen liegen - nur etwa 150 mm/Jahr (Karte 02.13.5). Die locker bebauten Außenbereiche der Stadt weisen Abflüsse von 250-350 mm/Jahr auf. Verglichen mit den Abflüssen des unversiegelten Außenraumes oder der Umgebung Berlins, wo die Werte etwa um 150 mm/Jahr liegen, kann Berlin als Insel stark erhöhter Abflüsse betrachtet werden.

Die Reduzierung der **Verdunstung** (Karte 02.13.5) durch Versiegelung und Vegetationsmangel führt zu 2-3-fach erhöhten Abflüssen gegenüber dem natürlichen Zustand.

In einigen Bereichen treten bedingt durch geringe Niederschläge bei gleichzeitig geringem Flurabstand **Grundwasserzehrungen**, also negative Werte der Abflussbildung, auf, da hier die Vegetation durch die Nachlieferung aus dem Grundwasser mehr Wasser verdunsten kann als durch die Niederschläge zugeführt wird.

Die Karte des **Oberflächenabflusses** (02.13.1) zeigt, dass in den kanalisierten Gebieten der Innenstadt durchschnittlich etwa 250 mm/Jahr der Kanalisation zugeführt werden. Die Spitzenwerte liegen bei mehr als 400 mm/Jahr. Im Außenbereich sind es - in den kanalisierten Gebieten - um die 100 mm/Jahr.

Die Karte der **Versickerung** (02.13.2) zeigt, dass in der Innenstadt zwischen 100 und 150 mm/Jahr Niederschlag versickert wird. Deutlich höhere Versickerungsleistungen um 250 mm/Jahr weisen die lockerer bebauten Siedlungsgebiete des Außenbereichs auf, so z.B. in den Großsiedlungen und Punkthochhäusern (1960er - 1990er Jahre) in Marzahn. In den Gebieten mit geringem Anschlussgrad an die Kanalisation steigen die Werte bis auf 300 mm/Jahr. In den nicht kanalisierten Siedlungsgebieten versickert der gesamte Abfluss mit etwa 300-350 mm/Jahr und Maximalwerten von über 400 mm/Jahr. In den Wäldern versickert im Vergleich mit 50-100 mm/Jahr wenig. Hier wird ein großer Anteil des Niederschlags verdunstet, sodass nur wenig versickert.

Im Ergebnis lässt sich festhalten:

- Der durch den hohen Versiegelungsgrad der Innenstadt bedingte Effekt der reduzierten Durchlässigkeit der Böden wird durch den Effekt der Herabsetzung der Verdunstung zu großen

Teilen wieder aufgehoben, so dass die innerstädtischen Versickerungsleistungen höher sind, als zunächst angenommen wurde und nahezu "natürlichen" Verhältnissen entsprechen.

- Ausschlaggebend für die Versickerungsleistung ist erst in zweiter Linie das Ausmaß der Versiegelung, in erster Linie wird sie durch den tatsächlichen Anschlussgrad an die Kanalisation bestimmt. Die Art der Versiegelung, d.h. die unterschiedlichen Versickerungsleistungen der verschiedenen Belagsarten spielt ebenfalls eine bedeutende Rolle.
- Durch die Herabsetzung der Verdunstung durch die Versiegelung in den locker bebauten Bereichen bei gleichzeitig geringem Anschlussgrad an die Kanalisation sind die Versickerungsleistungen in diesen Gebieten am höchsten und betragen etwa das Doppelte der "natürlichen" Versickerung.

Im Urstromtalbereich kann das Sickerwasser, bedingt durch die durchlässigen Sande, die das Grundwasser überlagern, direkt und vollständig zur Grundwasseroberfläche versickern. Hier entspricht die berechnete Versickerung der **Grundwasserneubildung**. Auf den Grundmoränenhochflächen des Barnims und des Teltows überlagern jedoch lehmige und damit schlecht wasserdurchlässige Schichten das meist gespannte Grundwasser. Hier werden die tief eingeschnittenen Fließe weitgehend vom gespannten Grundwasser bzw. über sandige und damit durchlässige Schichten in der Grundmoräne gespeist. Nur die nicht über die Vorfluter abgeführten Sickerwassermengen (berechnete Versickerung) können als echte Speisung des die Grundmoräne unterlagernden Hauptgrundwasserleiters angesehen werden. Diese Wassermengen gelangen als unterirdischer Abfluss in den Urstromtalbereich. Die Aufteilung ist jeweils abhängig von den konkreten hydrogeologischen Verhältnissen. Ein Vergleich der gemessenen und der berechneten Abflüsse zeigt, dass z. B. im Einzugsgebiet des Neuenhagener Mühlenfließes etwa 35 % der errechneten Versickerung unterirdisch in den Urstromtalbereich entwässert, während das Tegeler Fließ nahezu den gesamten aus der Versickerung gebildeten Abfluss seines Einzugsgebietes oberirdisch wieder abführt. Auf der Grundlage der mit dem Modell ABIMO ermittelten Sickerwasserraten wurde auch eine Karte der Grundwasserneubildung erarbeitet ([Karte 02.17](#), 2022).

Die Verdunstung der **Gewässerflächen**, die in der Karte nicht dargestellt werden, liegt etwa 160 mm/Jahr über den auf sie herabgehenden Niederschlägen, so dass den Gewässern Berlins insgesamt ca. 8 Mio. m<sup>3</sup> Wasser im Jahr durch Verdunstung entzogen werden.

Bei einigen hochversiegelten Flächen lagen keine Angaben darüber vor, ob das anfallende Regenwasser über die Kanalisation abgeleitet wird. Aus diesem Grunde wird für diese Flächen der gesamte entstehende Abfluss in den Karten als Versickerung ausgewiesen. Der Grad der Versiegelung und die Höhe des Abflusses lässt es jedoch in einigen Fällen als unwahrscheinlich erscheinen, dass das Wasser tatsächlich versickert. Daraus folgt, dass der Anteil des Oberflächenabflusses eher unterschätzt, der der Versickerung eher überschätzt wird. Dies trifft auch auf die Straßenabschnitte (ca. 30 Stück) in der Innenstadt (z.B. 0000000001000806 in der Taubenstraße nahe dem Gendarmenmarkt) zu.

Mit Hilfe der Flächengrößen der Bezugsflächen konnten auch die **Abflussvolumen** errechnet und anschließend bilanziert werden (vgl. Tab. 3).

	Fläche [km <sup>2</sup> ]	mm/a *)	Mio. m <sup>3</sup> /a
<b>Gesamt-Berlin (ohne Gewässer)</b>	837		
davon mit Gründach	5,6		
Niederschlag (Messwerte, korrigiert)	837	633	530
Verdunstung (Niederschlag - Gesamtabfluss)	837	360	301
Gesamtabfluss	837	274	229
Oberflächenabfluss	837	87	73
davon in die			
Mischkanalisation	97	246	24
Trennkanalisation	281	174	49
Versickerung	837	187	156
Grundwasserneubildung	837	154	129

<b>Gewässerflächen</b>	54		
Zehrung (Niederschlag - Verdunstung)		-149	-8
* flächengewichtet			

**Tab. 3: Langjährige Mittelwerte der Abflussbildung mit Berücksichtigung der begrünten Dächer (ermittelt mit ABIMO 3.2), Stand 2022**

Die Berechnungen zeigen, dass etwa 58 % des Niederschlages verdunsten und damit etwa 230 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr als Gesamtabfluss zur Verfügung stehen. Zwei Drittel des Gesamtabflusses versickern in den Untergrund, ein Drittel wird über die Kanalisation abgeführt. Obwohl die Mischkanalisation nur etwa ein Viertel der gesamten kanalisierten Fläche einnimmt, entsteht hier fast ein Drittel des Oberflächenabflusses. Stellt man die versickernde Wassermenge von ca. 156 Mio. m<sup>3</sup>, die nicht vollständig dem Grundwasser zugeführt wird, dem Trinkwasserverbrauch von ca. 228 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr (AfS 2019) gegenüber, wird deutlich, dass hier ein erhebliches Defizit besteht. Dieses Defizit wird durch oberirdische Zuflüsse (Spree, Havel) sowie die unterirdische Heranführung von Grundwasser aus dem Umland ausgeglichen. Das Oberflächenwasser wird bei ufernahen Grundwasserentnahmen als Uferfiltrat sowie durch Grundwasseranreicherungsanlagen an den Wasserwerken genutzt.

Im Informationssystem Stadt und Umwelt liegt für jede kanalisierte Fläche des Trennsystems die Angabe vor, in welchen Vorfluter bzw. in welches Gewässer oder in welchen Gewässerabschnitt sie entwässert (vgl. [Karte 02.09.2](#), 2022). So können Bilanzen erstellt werden, welche Regenmengen die Gewässer im Durchschnitt aufzunehmen haben. Betroffen sind etwa 250 Gewässer oder Gewässerabschnitte. Tabelle 4 zeigt die abschnittsweise zusammengefassten Einleitungsmengen in die Gewässer Berlins. Die Oberflächenabflüsse im Bereich des Mischsystems werden mit Ausnahme der Anteile, die bei Starkregen über die Notauslässe der Pumpwerke und die Regenüberläufe des Kanalnetzes ebenfalls direkt in die Gewässer gelangen, den Klärwerken zugeführt, von wo aus sie nach einer entsprechenden Abwasserbehandlung zusammen mit dem ebenfalls behandelten Schmutzwasser in die Gewässer eingeleitet werden.

Gewässerabschnittsnummer	Einzugsgebiete nach Gewässerabschnitten	Einzugsgebietsfläche (km <sup>2</sup> )	Regenabfluss (Mio m <sup>3</sup> /a)
110	Oberhavel (Stadtgrenze bis oberhalb Mündung Tegeler See)	0,9	0,14
120	Oberhavel (Mündung Tegeler See bis Schleuse Spandau)	3,8	0,74
130	Tegeler See	2,2	0,45
131	Tegeler Fließ	3,3	0,51
132	Nordgraben	10,5	1,84
133	Panke nördlich Verteilerbauwerk	5,5	0,73
210	Unterhavel ab Spreemündung bis Jungfernsee (ohne Wannsee)	16	2,50
220	Großer Wannsee	1,6	0,21
230	Kleine Wannseekette	1,1	0,15
310	Müggelspree (einschließlich Großer Müggelsee, Dämeritzsee und Erpe)	7,1	1,10
320	Langer See, Dahme und Große Krampe	5,2	0,79
330	Stadtspree bis Abzweig Britzer Verbindungskanal	7,2	1,30
331	Wuhle	19,5	2,95
340	Stadtspree bis Abzweig Landwehrkanal	5,7	0,99
350	Rummelsburger See	9,6	1,95
351	Marzahn-Hohenschönhausener Grenzgraben	18,2	3,13
380	Stadtspree bis Abzweig Berlin-Spandauer-Schiffahrtskanal	6,1	1,30
390	Stadtspree bis Mündung	7,4	1,15
400	Kanäle nördlich der Spree	7,7	1,57
401	Panke (ab Verteilerbauwerk bis Nordhafen)	17	3,04

500	Kanäle südlich der Spree (Neuköllner Schifffahrtskanal und Landwehrkanal)	6,6	1,62
600	Teltowkanal	58,3	10,42
610	Rudower Arm	22,8	3,74
620	Britzer Verbindungskanal	2,5	0,55
810	Grunewaldseenkette	10,3	1,77
820	Flughafensee	5,8	1,27
830	Biesdorfer Baggersee	3,1	0,49
840	Fauler See/Obersee	1,2	0,21
850	Schäfersee	2,2	0,48
860	Groß-Glienicker See	0,1	0,02
900	Kleingewässer (Teiche, Tümpel, Gräben)	12,7	1,80
	Trennkanalisation (Summe)	281,2	48,93
	Mischkanalisation	97,6	23,96

**Tab. 4: Regenwasserableitung in die Kanalisation - Einzugsgebiete und Abflüsse (langjährige Mittel, Stand 2022)**

Mit ABIMO steht ein Instrument zur Verfügung, mit dem auch **Simulationen** mit veränderten Ausgangsbedingungen vorgenommen werden können. Insbesondere ist hier die Abschätzung der zu erwartenden Veränderung des Wasserhaushalts durch Klimaänderungen (Löschner 2008) oder städtebauliche Projekte. Die Abschätzung der Effekte von Entsiegelungsmaßnahmen oder Abkopplungsmaßnahmen ist durch das AMAREX Webtool (<https://amarex-staging.netlify.app/amarex>) erstmals möglich. Änderungen der Modellparameter durch Einbeziehung aktueller Untersuchungsergebnisse sind mit der Veröffentlichung unter <https://github.com/KWB-R/kwb.rabimo> jederzeit möglich. Dabei ist zu betonen, dass mit ABIMO nur **Jahresmittelwerte** modelliert werden können. Eine Simulation von z.B. Starkregenereignissen ist nicht möglich.

#### **Versickerung ohne Berücksichtigung der Versiegelung**

Die Karte der **Versickerung ohne Berücksichtigung der Versiegelung** (02.13.4) zeigt gegenüber der Versickerungskarte, in der die Versiegelung berücksichtigt wurde zum Teil erheblich veränderte Verhältnisse.

Mit **200-250 mm** jährlicher Versickerung erreichen die stark anthropogen veränderten aber unversiegelten Böden der Innenstadt und der Industriegebiete die höchsten Versickerungsleistungen im Stadtgebiet, gefolgt von den überwiegend sandigen Gebieten des Urstromtals und den sandigen Teilen der Hochflächen mit ca. **150-200 mm**. Sind die sandigen Böden mit Stadtparklandschaft mit einer Mischung aus begrüntem und baumbestandenen Flächen bestanden, sinkt die durchschnittliche jährliche Versickerung auf **100-150 mm**, da die Bäume auf Grund ihrer Wurzeltiefe wesentlich mehr Wasser verdunsten können. Bedingt durch die höhere Wasserspeicherefähigkeit der lehmigen Böden der Hochflächen des Teltows und des Barnims, kann hier von der Vegetation ebenfalls wesentlich mehr Wasser verdunstet werden, so dass nur noch ca. **50-100 mm** versickern. In Bereichen mit flurnahem Grundwasser tritt durch den Kapillaraufstieg von Grundwasser in die verdunstungsbeeinflusste Bodenzone eine erhöhte Verdunstung auf, so dass im Jahresdurchschnitt nur noch weniger als **50 mm** versickern. Liegt die reale Verdunstung höher als der Niederschlag, tritt Wasserzehrung auf, d.h. die berechneten Werte sind negativ.

Werden die Daten der Karte 02.13.4 für die Abschätzung der Folgen zusätzlicher Versiegelungen im Rahmen von **Planverfahren** verwendet, ist folgendes zu beachten:

Die in der Karte angegebenen Versickerungsleistungen werden durch Versiegelungen nur dann auf Null reduziert, wenn die geplante Versiegelung tatsächlich völlig wasserundurchlässig ist (Dachflächen, Asphalt) und das Niederschlagswasser von diesen Flächen vollständig in die Kanalisation abgeleitet wird. Sind teilweise wasserdurchlässige Versiegelungen geplant oder soll das ablaufende Niederschlagswasser nur teilweise in die Kanalisation abgeführt werden, sind hinsichtlich der Reduzierung der Versickerungsleistung entsprechende Abschläge vorzunehmen. Für **genauere Berechnungen** empfiehlt sich die Anwendung des AMAREX Webtools (<https://amarex-staging.netlify.app/amarex>).

#### **Delta-W**

Die Karte Delta-W zeigt die Abweichung zum natürlichen Wasserhaushalt. Dabei wird als Referenzszenario für einen natürlichen Wasserhaushalt eine unversiegelte und unbebaute Fläche in

einer Stadtparklandschaft mit einer Mischung aus begrünten und baumbestandenen Flächen (Ertragsklasse = 50) angenommen.

Wie erwartet treten hohe Abweichungen in dicht bebauten, stark versiegelten und wenig begrünten Flächen auf. Tabelle 5 zeigt die Abweichungen pro Flächentyp.

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurde darüber hinaus untersucht, ob und in welcher Weise die Parameter des Wasserhaushalts mit anderen klimatischen Phänomenen korrelieren. Dabei zeigte sich unter anderem, dass Delta-W als Indikator für die mittlere sommerliche Tagestemperatur verwendet werden kann. Es konnte eine gute Korrelation sowohl mit den Tag- als auch mit den Nachttemperaturen in den Block(teil)flächen nachgewiesen werden. Flächen, die Straßen zugeordnet sind, weisen hingegen eine weniger ausgeprägte Korrelation auf – vermutlich aufgrund thermodynamischer Effekte, des Wärmetransports, von Luftbewegungen sowie von Faktoren wie Verschattung und Straßenorientierung, die in ABIMO nicht berücksichtigt werden. Die Lufttemperaturdaten stammen aus der Klimaanalyse 2022 (vgl. [Umweltatlas 04.10, 2022](#)).

Tab. 6: Abweichung des Wasserhaushalts vom natürlichen Wasserhaushalt pro Flächentyp, flächengewichtet, Stand 2022

Flächentyp 2020	Blockanzahl	Blockfläche [ha]	Mittel des Niederschlags 1991-2020 pro Jahr [mm], korrigiert	Wasserhaushalt 2022					Referenzszenario: natürlicher Wasserhaushalt			Delta-W. Abweichung des Wasserhaushalts vom natürlichen Wasserhaushalt [%]
				Versiegelung sgrad [%]	Grad der bebaut versiegelten Fläche [%]	Oberflächenabfluss [mm]	Versickerung [mm]	Verdunstung [mm]	Oberflächenabfluss [mm]	Versickerung [mm]	Verdunstung [mm]	
1 Dichte Blockbebauung, geschlossener Hinterhof (1870er - 1918), 5-6-geschossig	196	278	627	86,2	64,0	388	79	160	0	133	494	61,9
2 Geschlossene Blockbebauung, Hinterhof (1870er - 1918), 5-geschossig	997	1.655	625	78,6	54,5	322	116	187	0	134	491	51,6
3 Geschlossene und halboffene Blockbebauung, Schmuck- und Gartenhof (1870er - 1918), 4-geschossig	433	648	629	68,1	44,4	230	181	218	0	130	499	44,7
6 Mischbebauung, halboffener und offener Schuppenhof, 2-4-geschossig	103	196	627	64,6	36,4	185	216	226	0	129	498	43,4
7 Enkernte Blockrandbebauung, Lückenschluss nach 1945	484	841	624	67,1	42,7	246	148	230	0	128	496	42,6
8 Heterogene, innerstädtische Mischbebauung, Lückenschluss nach 1945	113	278	625	66,9	40,4	254	145	227	0	131	494	42,7
9 Großsiedlung und Punkthochhäuser (1960er - 1990er), 4 - 11-geschossig und mehr	724	2.390	633	48,2	24,4	155	197	282	0	131	503	34,9
10 Blockrandbebauung mit Großhöfen (1920er - 1940er), 2-5-geschossig	589	850	629	57,2	37,6	188	195	246	0	131	498	40,1
11 Freie Zeilenbebauung mit landschaftlichem Siedlungsgrün (1950er - 1970er), 2-6-geschossig	866	2.468	628	43,8	23,6	132	206	290	0	125	503	34,0
12 Altbau-Schule (Baujahr vor 1945)	193	320	630	56,6	28,0	175	194	261	0	132	498	37,6
13 Neubau-Schule (Baujahr nach 1945)	422	969	631	52,5	22,8	147	215	269	0	133	498	36,3
16 Sportanlage, ungedeckt	428	1.612	632	38,0	5,9	42	282	309	0	124	508	31,5
17 Sportanlage, gedeckt	90	200	631	45,8	24,0	104	246	281	0	130	502	34,9
21 Dörfliche Mischbebauung	114	394	636	40,0	25,3	37	306	292	0	108	528	37,0
22 Reihen- und Doppelhäuser mit Gärten	1.088	1.807	635	39,6	27,1	37	289	308	0	66	569	41,1
23 Freistehende Einfamilienhäuser mit Gärten	4.769	9.689	634	35,6	24,6	17	290	328	0	58	577	39,3
24 Villen und Stadtvillen mit parkartigen Gärten (überwiegend 1870er - 1945)	703	1.526	639	37,7	25,7	47	230	361	0	63	576	33,6
25 Verdichtung im Einzelhausgebiet, Mischbebauung mit Garten und halbprivater Umgrünung (1870er bis heute)	356	944	636	40,8	27,4	83	220	333	0	65	571	37,4
27 Friedhof	189	1.121	631	9,6	2,0	5	67	560	0	14	617	9,1
29 Kerngebiet	261	407	627	88,9	64,7	353	106	169	0	146	482	56,2
30 Gewerbe- und Industriegebiet, großflächiger Einzelhandel, geringe Bebauung	1.045	4.349	628	64,8	25,3	177	246	204	0	147	480	44,0
31 Gewerbe- und Industriegebiet, großflächiger Einzelhandel, dichte Bebauung	222	939	623	89,5	55,2	319	158	146	0	148	475	52,8
32 Ver- und Entsorgung	171	751	627	50,2	16,6	120	243	264	0	136	491	36,3
33 Mischgebiet ohne Wohngebietscharakter, geringe Bebauung	207	472	631	59,9	29,8	161	233	237	0	130	500	41,8
36 Baumschule / Gartenbau	41	221	637	23,3	6,9	2	202	433	0	37	600	26,3
37 Kleingartenanlage	727	3.108	629	25,6	10,4	6	186	436	0	3	626	30,1
38 Mischgebiet ohne Wohngebietscharakter, dichte Bebauung	60	136	624	80,9	45,1	309	144	172	0	139	485	50,2
41 Sicherheit und Ordnung	101	582	625	48,6	21,0	99	194	331	0	116	509	28,4
43 Verwaltung	145	322	625	63,3	36,5	199	191	235	0	135	491	40,9
44 Hochschule und Forschung	115	487	632	54,0	29,3	103	222	308	0	89	544	37,3
45 Kultur	112	295	631	54,7	29,5	141	211	279	0	124	507	36,1
46 Krankenhaus	74	565	634	45,5	24,7	106	170	357	0	85	548	30,2
47 Kindertagesstätte	174	205	634	35,8	15,4	73	224	336	0	126	508	27,1
49 Kirche	121	103	629	41,6	20,5	85	200	343	0	88	541	31,4
51 Sonstige Jugendeinrichtung	76	172	635	27,4	12,6	22	177	436	0	94	540	16,5
53 Park / Grünfläche	1.319	3.417	630	12,8	0,7	6	186	438	0	73	557	19,0
54 Stadtplatz / Promenade	107	60	625	45,6	2,1	88	246	292	0	137	489	31,5
55 Wald	3.008	16.985	642	0,3	0,1	0	70	572	0	70	572	0,1
56 Landwirtschaft	590	3.550	639	0,1	0,1	0	205	435	0	70	569	21,0
57 Brachfläche	806	2.408	637	1,3	0,4	0	193	444	0	90	547	16,2
58 Campingplatz	17	50	634	14,2	2,6	2	131	500	0	64	570	11,0
59 Wochenendhaus- und Kleingartenähnliches Gebiet	270	851	632	29,3	15,4	7	220	406	0	14	618	33,6
60 Sonstiges und heterogenes Gemeinbedarfs- und Sondergebiet	285	885	631	43,0	19,4	89	209	333	0	109	522	30,0
72 Parallele Zeilenbebauung mit architektonischem Zeilengrün (1920er - 1930er), 2-5-geschossig	286	635	630	46,7	28,2	119	223	288	0	123	507	34,8
73 Geschosswohnungsbau der 1990er Jahre und jünger	743	1.166	630	66,8	36,8	139	259	231	0	130	500	42,7
91 Parkplatz	192	188	627	50,2	3,9	73	282	271	0	129	497	36,0
92 Bahnhof und Bahnanlagen ohne Gleiskörper	236	364	630	53,3	22,5	80	255	295	0	142	488	30,7
93 Flughafen	60	444	593	33,9	5,7	111	213	270	0	105	488	36,7
94 sonstige Verkehrsfläche	571	207	630	29,8	0,9	25	246	359	0	107	523	25,9
98 Baustelle	61	97	630	31,3	2,0	0	349	281	0	141	489	33,1
99 Gleiskörper	589	1.365	631	40,2	1,5	13	299	319	0	144	486	26,5
Straßen	32.153	9.726	631	85,2	0,4	250	180	200	0	122	509	48,9
<b>Berlin (ohne Gewässer)</b>	<b>57.802</b>	<b>83.699</b>	<b>633</b>	<b>36,1</b>	<b>13,6</b>	<b>87</b>	<b>187</b>	<b>360</b>	<b>0</b>	<b>91</b>	<b>542</b>	<b>28,8</b>

**Tab. 5: Abweichung des Wasserhaushalts vom natürlichen Wasserhaushalt pro Flächentyp, flächengewichtet, Stand 2022**

## Exkurs

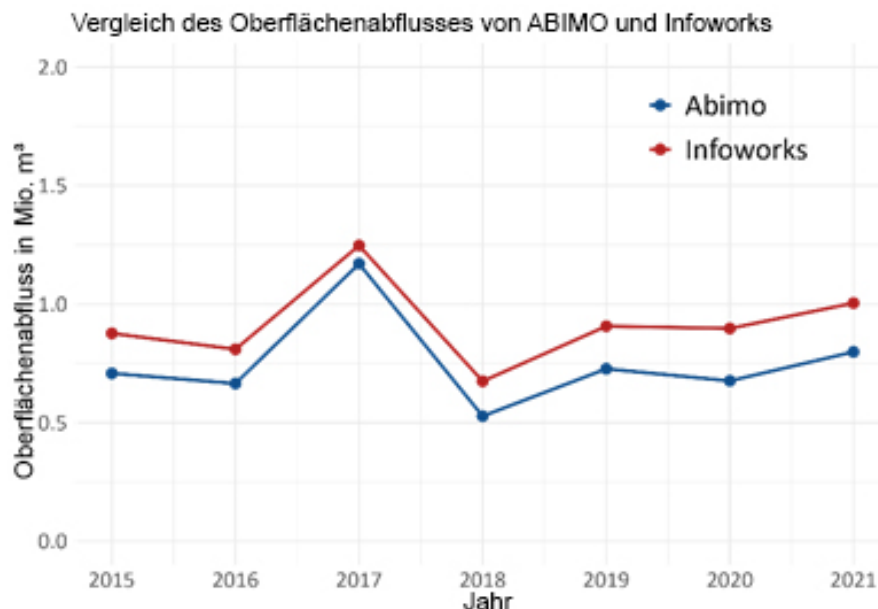
### Validierung des Oberflächenabflusses des Modells ABIMO

Im Rahmen des Forschungsprojekts AMAREX wurde die Komponente des Oberflächenabflusses des Modells ABIMO auf zwei verschiedene Arten validiert:

1. Vergleich der modellierten Oberflächenabflusskomponente im Einzugsgebiet Berlin I zwischen den von den Berliner Wasserbetrieben mit INFOWORKS berechneten Werten und den entsprechenden Ausgaben von ABIMO.
2. Vergleich des mit ABIMO berechneten Oberflächenabflusses für das Berliner Mischkanalisationsgebiet mit der Menge an Regenwasser, die über die Kanalisation in die Klärwerke Berlins gelangt ist.

Beide Validierungsmethoden wurden für mehrere Jahre durchgeführt, wobei jeweils die entsprechenden klimatischen Parameter des Jahres (Niederschlag und potenzielle Evaporation) berücksichtigt wurden.

#### Validierung mit INFOWORKS



**Abb. 4: Vergleich des Oberflächenabflusses von ABIMO und Infoworks (KWB 2025)**

Die Validierung erfolgte für die Jahre 2015 bis 2021, also für den Zeitraum, in dem die Berliner Wasserbetriebe mit INFOWORKS den kanalisierten Oberflächenabfluss im Einzugsgebiet Berlin I im Bezirk Kreuzberg-Friedrichshain berechnet haben.

Mit ABIMO wurde die Oberflächenabflusskomponente für alle Blockteilmflächen (ISU5) innerhalb dieses Einzugsgebiets berechnet (ohne die Flächen, die Gewässer sind).

Der Vergleich der Jahresergebnisse zeigt, dass sowohl ABIMO als auch INFOWORKS auf die klimatische Variabilität reagieren und eine gute Übereinstimmung der Trends aufweisen. Allerdings liegen die von ABIMO berechneten Werte systematisch unter denen von INFOWORKS (im Mittel um etwa 160.000 m<sup>3</sup> pro Jahr, MAPE 23%). Der Mean Absolute Percentage Error (MAPE) gibt an, um wie viel Prozent die Vorhersagen im Durchschnitt von den beobachteten Werten abweichen.

#### Validierung mit Klärwerksdaten

Für diese Methode wurden von den Berliner Wasserbetrieben bereitgestellte Zuflussdaten zu den Klärwerken im Zeitraum 1991–2020 verwendet.

Aus dem gemessenen Zufluss wurde jeweils das geschätzte Trockenwettervolumen abgezogen, um die auf Niederschlag zurückzuführende Abflusskomponente zu bestimmen.

Anhand der Daten dreier Klärwerke, die ausschließlich an das Trennsystem angeschlossen sind (d.h. theoretisch stets das Trockenwettervolumen ankommen sollte), wurde der Anteil falsch angeschlossener Flächen (Fehlanschlüsse) ermittelt und auf alle Klärwerke, die ebenfalls anteilig Zuflüsse aus dem Trennsystem erhalten, extrapoliert. Dieser Anteil wurde anschließend vom Gesamtabfluss abgezogen.

Zusätzlich wurde der Verlust durch Mischwasserüberläufe berücksichtigt. Dieser wurde für jedes Jahr ausgehend von einem durchschnittlichen Volumen von ungefähr 5,5 Mio. m<sup>3</sup> im Jahr 1990 berechnet und linear auf die weiteren betrachteten Klimajahre skaliert – unter Verwendung des sommerlichen Niederschlags als Anpassungsfaktor.

Zur Bestimmung des urbanen Wasserhaushalts wurden alle Blockteilflächen im Bereich der Mischkanalisation (vgl. [Umweltatlaskarte 02.09](#), 2022) ausgewählt und ABIMO für alle relevanten Klimajahre darauf angewendet.

Der Vergleich der Ergebnisse zeigt eine gute Korrelation, allerdings mit einer systematischen Überschätzung des Oberflächenabflusses durch ABIMO im Vergleich zu den gemessenen Klärwerksdaten (MAPE 11%).

Mögliche Ursachen dafür könnten sein:

- eine Überschätzung der Abflüsse von Straßenflächen, da z. B. Wasser, das in angrenzende Grünflächen abfließt, nicht berücksichtigt wird;
- eine systematische Unterschätzung der Eintragsmengen von Regenwasser durch Fehlanschlüsse im Trennsystem;
- oder eine Unterschätzung der Mischwasserüberlaufvolumina.

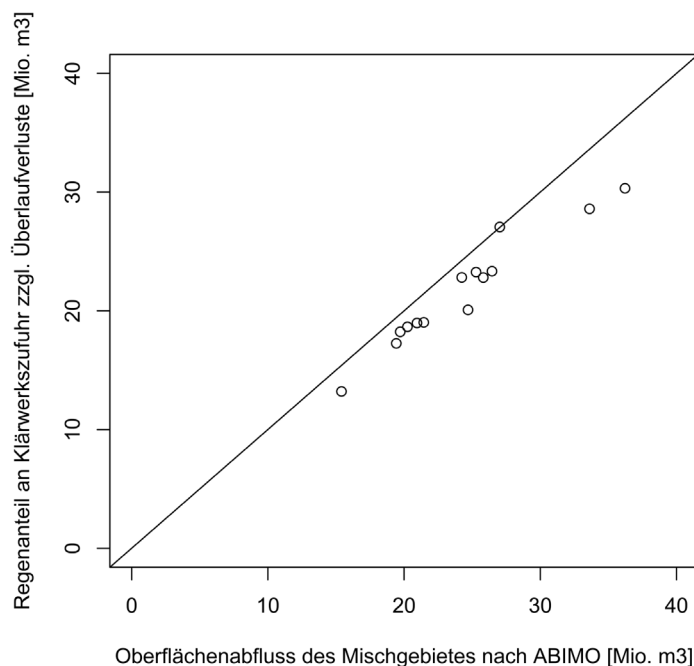


Abb. 5: Vergleich des Oberflächenabflusses von ABIMO und Klärwerksdaten (KWB 2025)

Trotz gewisser systematischer Abweichungen liefern die beiden Validierungsmethoden konsistente und nachvollziehbare Ergebnisse.

## Literatur

[1] Aey, W. 1993:  
Zuordnung von Bodenkenngrößen zu Bodengesellschaften und Nutzungen, Gutachten im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz, Berlin.

- [2] **AfS (Amt für Statistik Berlin-Brandenburg) 2019:**  
Statistischer Bericht, Q I 1 - 3j / 19, Wasserversorgung und Abwasserentsorgung im Land Berlin  
2019, November 2022.  
Download  
[https://download.statistik-berlin-brandenburg.de/74029c18ca64f80e/17faa5a11c53/SB\\_Q01-01-00\\_2019j03\\_BE.xlsx](https://download.statistik-berlin-brandenburg.de/74029c18ca64f80e/17faa5a11c53/SB_Q01-01-00_2019j03_BE.xlsx)  
(Zugriff am 25.08.2025)
- [3] **Bach, M. 1997:**  
Erfassung des Kanalisierungsgrades versiegelter Flächen für ein urbanes Niederschlags-Abfluß-Modell am Beispiel Berlin, Diplomarbeit am FB Geowissenschaften der FU Berlin, Berlin.
- [4] **Bamberg, H.-F., Busse, W., Ginzler, G., Glugla, G., Schlinder, K., Ziegler, G. 1981:**  
KdT-Empfehlung zur Ermittlung der Grundwasserneubildung. Zentrales Geologisches Institut.  
Gedruckt als WTL-Sonderheft 5, Berlin.
- [5] **Berlekamp, L.-R., Pranzas, N. 1992:**  
Erfassung und Bewertung von Bodenversiegelung unter hydrologisch-stadtplanerischen Aspekten am Beispiel eines Teilraums von Hamburg. - Dissertation, Hamburg.
- [6] **BGR 2005:**  
Bodenkundliche Kartieranleitung. Hannover: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe.
- [7] **DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.) o. J.:**  
Wasserbilanzmodell WABILA.  
Internet:  
<https://de.dwa.de/de/Wasserbilanz.html>  
(Zugriff am 25.08.2025)
- [8] **Glugla, G., Tiemer, K. 1971:**  
Ein verbessertes Verfahren zur Berechnung der Grundwasserneubildung. Wasserwirtschaft-Wassertechnik, 21 (10): S. 349 – 353, Berlin.
- [9] **Glugla, G., Enderlein, R., Eyrich, A. 1976:**  
Das Programm RASTER – ein effektives Verfahren zur Berechnung der Grundwasserneubildung im Lockergestein, Wasserwirtschaft-Wassertechnik, 26 (11): S. 377 – 382, Berlin.
- [10] **Glugla, G., König, B. 1989:**  
Der mikrorechnergestützte Arbeitsplatz Grundwasserdargebot. Wasserwirtschaft-Wassertechnik, 39 (8): S. 178 – 181, Berlin.
- [11] **Glugla, G., Eyrich, A. 1993:**  
Ergebnisse und Erfahrungen bei der Anwendung des BAGROV-GLUGLA-Verfahrens zur Berechnung von Grundwasserhaushalt und Grundwasserneubildung im Lockergestein Norddeutschlands. Kolloquium Hydrogeologie 10/93 Erfurt, 22-26.
- [12] **Glugla, G., Krahe, P. 1995:**  
Abflußbildung in urbanen Gebieten. Schriftenreihe Hydrologie/Wasserwirtschaft 14, Ruhr-Universität Bochum, S.140-160.
- [13] **Glugla G., Fürtig, G. 1997:**  
Dokumentation zur Anwendung des Rechenprogramms ABIMO. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Außenstelle Berlin.
- [14] **Glugla, G., Müller, E. 1997:**  
Grundwasserneubildung als Komponente der Abflussbildung. in: C. Leibundgut & S. Demuth (Hrsg.): Grundwasserneubildung. Freiburger Schriften zur Hydrologie. Band 5, S. 23-35.
- [15] **Glugla, G., Goedecke, M., Wessolek, G., Fürtig, G. 1999:**  
Langjährige Abflußbildung und Wasserhaushalt im urbanen Gebiet Berlin. Wasserwirtschaft, 89. Jahrgang Nr.1 1999 S. 34-42.
- [16] **Glugla, G., et.al. 2003:**  
BAGLUVA Wasserhaushaltsverfahren zur Berechnung vieljähriger Mittelwerte der tatsächlichen Verdunstung und des Gesamtabflusses, BfG – 1342, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.

- [17] **Goedecke, M., Gerstenberg, J., Haag, L. 2019:**  
Wasserhaushaltsmodell Berlin ABIMO 3.2 – Handreichung für Anwendende, Technische Anleitung zur Aufbereitung von Datengrundlagen sowie Dokumentation von Methoden und Berechnungsergebnissen des auf Berliner Verhältnisse angepassten blockbezogenen Niederschlags - Abflussmodell ABIMO der Bundesanstalt für Gewässerkunde, 2006 bis 2019, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen Berlin, Stand 15.04.2020.  
Download:  
[https://www.berlin.de/umweltatlas/assets/literatur/goedecke\\_et\\_al\\_abimo2019\\_doku.pdf](https://www.berlin.de/umweltatlas/assets/literatur/goedecke_et_al_abimo2019_doku.pdf)  
(Zugriff am 25.08.2025)
- [18] **Graf, H.-F. 1979:**  
Der Einfluß von Großstädten auf das Niederschlagsregime am Beispiel von Berlin. Dissertation A, Humboldt-Universität Berlin, Berlin.
- [19] **Kleeberg, H.-B., Niekamp, O. 1994:**  
Klimaänderung und Wasserwirtschaft. Vortrag auf der 3. Deutschen Klimatagung, Tagungsband S. 136 – 140, Potsdam.
- [20] **Köppel, J., Deiwick, B. (TU Berlin) 2004:**  
Verfahren zur Bewertung und Bilanzierung von Eingriffen im Land Berlin. Gutachten im Auftrag von SenStadt IE, unveröffentlicht.
- [21] **Kompetenzzentrum Wasser Berlin (KWB) 2024/25:**  
Kompetenzzentrum Wasser Berlin. (2024/25). Projekt AMAREX: Projektergebnisse und Abbildungen (unveröffentlicht).  
Internet:  
[https://www.kompetenz-wasser.de/de/forschung/projekte/amarex-anpassung-des-managements-von-regenwasser-an-extremereignisse?trk=public\\_post\\_comment-text](https://www.kompetenz-wasser.de/de/forschung/projekte/amarex-anpassung-des-managements-von-regenwasser-an-extremereignisse?trk=public_post_comment-text)  
(Zugriff am 25.08.2025)
- [22] **Löschner, F. 2008:**  
Einfluss von Versiegelung und Klimawandel auf die Abflussbildung urbaner Gebiete – untersucht am Beispiel Berlin, Bachelor-Arbeit am Institut für Pflanzenbauwissenschaften, Fachgebiet Bodenkunde und Standortlehre der HU Berlin, Berlin.
- [23] **Monninkhoff, L. 2001:**  
ArcSIWA 1.1 Berechnung der Grundwasserneubildung Tutorial - Einführung in ArcSIWA (SIWA on ArcVIEW). Berlin: WASY Gesellschaft für wasserwirtschaftliche Planung und Systemforschung GmbH.
- [24] **Rachimov, C. (pro data consulting) 1996:**  
ABIMO 2.1, Abflußbildungsmodell, Algorithmus zum BAGROV-GLUGLA-Verfahren für die Berechnung langjähriger Mittelwerte des Wasserhaushalts, Programmbeschreibung; im Auftrag der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Außenstelle Berlin, unveröffentlicht.
- [25] **Rachimov, C., Rachimov, M. (pro data consulting) 2006:**  
ABIMO 3, Abflußbildungsmodell, Algorithmus zum BAGROV-GLUGLA-Verfahren für die Berechnung langjähriger Mittelwerte des Wasserhaushalts, Programmbeschreibung; im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, unveröffentlicht.
- [26] **Rachimov, C., Rachimov, M. (pro data consulting) 2009:**  
ABIMO 3.2, Abflußbildungsmodell, Algorithmus zum BAGROV-GLUGLA-Verfahren für die Berechnung langjähriger Mittelwerte des Wasserhaushalts, Programmbeschreibung; im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung.  
Internet:  
[https://www.berlin.de/umweltatlas/assets/literatur/rachimow\\_rachimow\\_abimo3\\_2\\_2009.pdf](https://www.berlin.de/umweltatlas/assets/literatur/rachimow_rachimow_abimo3_2_2009.pdf)
- [27] **Richter, D. 1979:**  
Informationsspeicher für die einheitliche Bestimmung der Verdunstungshöhe von freien Wasserflächen. Forschungsinstitut für Hydrometeorologie des Meteorologischen Dienstes der DDR, unveröffentlicht.

- [28] **SenStadt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen Berlin) (2017):**  
KURAS "Konzepte für urbane Regenwasserbewirtschaftung und Abwassersysteme". Steckbrief  
1: Dachbegrünung.  
Internet:  
[http://kuras-  
projekt.de/fileadmin/Dokumenten\\_Verwaltung/pdf/Steckbrief\\_01\\_Dachbegruenung.pdf](http://kuras-projekt.de/fileadmin/Dokumenten_Verwaltung/pdf/Steckbrief_01_Dachbegruenung.pdf)  
(Zugriff am: 25.08.2025)
- [29] **Sklorz, S. & Monnikhoff, B. 2013:**  
Entwicklung der Grundwasserneubildung im Großraum Berlin für die Periode 2051-2060. In S.  
Kaden, O. Dietrich, & S. Theobald, Wassermanagement im Klimawandel - Möglichkeiten und  
Grenzen von Anpassungsmaßnahmen. Berlin.
- [30] **Verleger, H. & Limberg, A. 2013:**  
Einfluss des Klimawandels auf die Grundwasserstände im Urstromtal von Berlin – Orientierende  
Untersuchungen. Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge. 20 (2013), 1/2. S. 93-100.  
Cottbus.  
Download: [https://www.berlin.de/umweltatlas/  
assets/literatur/bgb\\_2013\\_verleger\\_limberg.pdf](https://www.berlin.de/umweltatlas/assets/literatur/bgb_2013_verleger_limberg.pdf)  
(Zugriff am 25.08.2025)
- [31] **Wessolek, G. 1994:**  
Auswertung von Versuchen zur Ermittlung der Abflußverhältnisse unterschiedlich versiegelter  
und kanalisierter Flächen Berlins; im Auftrag der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Außenstelle  
Berlin, unveröffentlicht.
- [32] **Wessolek, G., Facklam, M. 1997:**  
Standorteigenschaften und Wasserhaushalt von versiegelten Flächen. Zeitschrift für  
Pflanzenernährung und Bodenkunde, 160, S. 41-46.
- Karten**
- [33] **BWB (Berliner Wasserbetriebe) (Hrsg.) 2022:**  
Art der Kanalisation der Straßenflächen, digitaler Datenbestand, Berlin. Stand 10.2022.  
Unveröffentlicht.
- [34] **Dyck, S. et al. 1978:**  
Karte der potentiellen Verdunstung, in: Angewandte Hydrologie, Bd. 2, Verlag für Bauwesen,  
1 : 000.000, Berlin.
- [35] **SenStadt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Bauen und Wohnen Berlin) (Hrsg.)  
2020:**  
Umweltatlas Berlin, Karte 04.08.1–3 Langjähriges Mittel der Niederschlagsverteilung 1991 - 2020,  
Berlin.  
Internet:  
<https://www.berlin.de/umweltatlas/klima/niederschlagsverteilung/1991-2020/zusammenfassung/>  
(Zugriff am 25.08.2025)
- [36] **SenStadt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin) (Hrsg.) 2009:**  
Umweltatlas Berlin, Karte 02.07 Flurabstand des Grundwassers, 1 : 50.000, Berlin.  
Internet:  
<https://www.berlin.de/umweltatlas/wasser/flurabstand/2009/zusammenfassung/>  
(Zugriff am 25.08.2025)
- [37] **SenStadt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Bauen und Wohnen Berlin) (Hrsg.)  
2020:**  
Umweltatlas Berlin, Karte 06.01 Reale Nutzung der bebauten Flächen, Karte 06.02 Grün- und  
Freiflächenbestand, 1 : 50.000, Berlin.  
Internet:  
<https://www.berlin.de/umweltatlas/nutzung/flaechennutzung/2020/zusammenfassung/>  
(Zugriff am 25.08.2025)
- [38] **SenStadt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Bauen und Wohnen Berlin) (Hrsg.)  
2020:**  
Umweltatlas Berlin, Karte 06.08 Stadtstruktur – Flächentypen differenziert, 1 : 50.000, Berlin.  
Internet:  
<https://www.berlin.de/umweltatlas/nutzung/stadtstruktur/2020/zusammenfassung/>  
(Zugriff am 25.08.2025)

- [39] SenStadt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Bauen und Wohnen Berlin) (Hrsg.)  
2021:**  
Umweltatlas Berlin, Karte 01.02 Versiegelung, 1 : 50.000, Berlin.  
Internet:  
<https://www.berlin.de/umweltatlas/nutzung/versiegelung/2021/zusammenfassung/>  
(Zugriff am 25.08.2025)
- [40] SenStadt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Bauen und Wohnen Berlin) (Hrsg.)  
2022:**  
Umweltatlas Berlin, Karte 02.09 Entsorgung von Regen- und Abwasser, 1 : 50.000, Berlin.  
Internet:  
<https://www.berlin.de/umweltatlas/nutzung/regen-und-abwasser/2022/zusammenfassung/>  
(Zugriff am 25.08.2025)
- [41] SenStadt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Bauen und Wohnen Berlin ) (Hrsg.)  
2020:**  
Umweltatlas Berlin, Karte 01.06 Bodenkundliche Kennwerte, 1 : 50.000, Berlin.  
Internet:  
<https://www.berlin.de/umweltatlas/boden/bodenkundliche-kennwerte/2020/zusammenfassung/>  
(Zugriff am 25.08.2025)