



Ortsgemeinde Herxheim

Erschließung Neubaugebiet „Kalkofen / Nördliche Eisenbahnstraße „Teil 2“

Projekt-Nummer
19-16-0105_1

Wasserhaushaltsbilanz

INHALTSVERZEICHNIS

| | Seite |
|--------------|--|
| 1 | Veranlassung 1 |
| 2 | Planungsgrundlagen 1 |
| 3 | Wasserhaushaltsbilanz 2 |
| 3.1 | Berechnungsgrundlagen 3 |
| 3.1.1 | Referenzzustand 3 |
| 3.1.2 | Berechnungsvarianten 4 |
| 3.1.3 | Berechnungsparameter 5 |
| 3.2 | Ergebnisse der Wasserhaushaltsbilanz 7 |
| 3.3 | Zusammenfassung der Ergebnisse der Wasserhaushaltsbilanz 10 |

ANHANG

- **Anhang 1**
Örtliche Daten des Wasserhaushalts:
Hydrologischer Atlas von Deutschland (HAD 2003a, b)
- **Anhang 2**
Lageplan Flächenermittlung
- **Anhang 3**
Ergebnisbericht Wasserbilanz-Expert (WABILA)

1 Veranlassung

Die Ortsgemeinde Herxheim beabsichtigt die Erschließung eines Neubaugebiets am nördlichen Ortsrand in Herxheim.

Ein Entwurf für den Bebauungsplan „EISENBAHNSTRASSE – IM KALKOFEN – AM BAHNHOF“ liegt bereits vor. Die Gesamtfläche des Bebauungsplangebiets beträgt ca. 8,4 ha.

Im März 2022 wurde von der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) in Zusammenarbeit mit dem Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) ein Merkblatt DWA-M 102-4 / BWK-M 3-4 veröffentlicht. Das Merkblatt enthält Regelungen für das Aufstellen einer Wasserhaushaltsbilanz für die Bewirtschaftung des Niederschlagswassers.

Um im städtebaulichen und entwässerungstechnischen Entwurf Bewirtschaftungsmaßnahmen frühzeitig entwickeln und mit dem Bilanzverfahren bewerten zu können, ist es zu empfehlen, die Wasserhaushaltsbilanz für den Referenzzustand frühzeitig zu erarbeiten und als Zielvorgabe festzulegen.

In der vorliegenden Arbeit wird auf der Grundlage des Entwurfs des Bebauungsplans „EISENBAHNSTRASSE – IM KALKOFEN – AM BAHNHOF“ eine Wasserhaushaltsbilanz erstellt.

2 Planungsgrundlagen

Die vorliegende Wasserhaushaltsbilanz basiert auf folgenden Grundlagen:

- Bebauungsplan „EISENBAHNSTRASSE – IM KALKOFEN – AM BAHNHOF“, Entwurf, Januar 2022
- Bestandsvermessung, Vermessungsbüro Anefeld, Februar 2016
- Ergänzende Stellungnahme zur Versickerung des im Bauabschnitt 2 anfallenden Niederschlagswassers, Ingenieurbüro Roth & Partner, Februar 2017
- Hydrologischer Atlas von Deutschland (HAD 2003a, b), Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Juni 2022
- DWA-M 102-4 / BWK-M 3-4 „Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer - Teil 4: Wasserhaushaltsbilanz für die Bewirtschaftung des Niederschlagswassers“, März 2022

3 Wasserhaushaltsbilanz

Zur Erstellung des Wasserbilanzmodells wurde die Software Wasserbilanz-Expert (WABILA) der DWA verwendet. Das Wasserbilanz-Modell bildet realitätsgerecht den lokalen Wasserhaushalt ab. Hierfür werden die Hauptkomponenten Abfluss (a), Grundwasserneubildung (g) und Verdunstung (v) als Anteile des mittleren Jahresniederschla- ges beschrieben. Die Aufteilungsfaktoren a, g und v ergeben in Summe 1; dies entspricht dem Jahresniederschlag.

$$P = ET_a + GWN + RD$$

$$P = v * P + g * P + a * P$$

$$1 = v + g + a$$

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

Gemäß Merkblatt DWA-M 102-4, soll der Wasserhaushalt im bebauten Zustand dem des unbebauten Referenzzustands möglichst nahekommen. Um dieses Ziel zu erreichen müssen die Verdunstung und die Grundwasserneubildung soweit wie möglich erhöht und der Direktabfluss soweit wie möglich reduziert werden. Dies kann beispielsweise mit einem möglichst hohen Anteil an unbefestigten Flächen bzw. Durchlässigen Flächen erreicht werden.

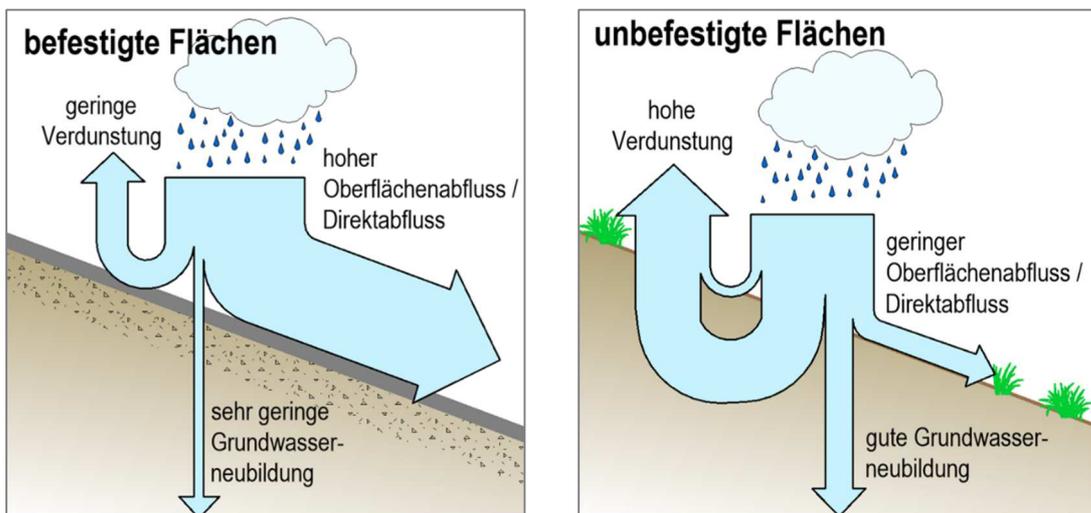


Abbildung 1 Auswirkungen befestigter und unbefestigter Flächen auf die Wasserhaushaltskomponenten

Zur Erreichung der formulierten Ziele zum Wasserhaushalt sind weiterhin eine Vielzahl von Maßnahmen zur Niederschlagsbewirtschaftung möglich. Das Merkblatt DWA-M 102-4 gibt dafür eine Übersicht von Maßnahmen und deren Auswirkungen im Hinblick auf die Ziele zum Wasserhaushalt vor.

| Maßnahme | Minderung des Direktabflusses | Erhöhung der Grundwasserneubildung | Erhöhung der Verdunstung |
|---|-------------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| Rückbau undurchlässiger Flächen | ++ | ++ | + |
| Wasserdurchlässige Flächenbefestigung | + | + | + |
| Begrünung von Freiflächen | ++ | + | ++ |
| Begrünung von Dachflächen extensiv | + | - | + |
| Begrünung von Dachflächen intensiv | ++ | - | ++ |
| Begrünung von Gebäudefassaden | o | o | ++ |
| Bäume, Großgehölze | o | o | ++ |
| Niederschlagswasserver-sickerung oberirdisch | ++ | ++ | + |
| Niederschlagswasserver-sickerung unterirdisch | ++ | ++ | - |
| Regenwassernutzung als Betriebswasser | ++ | - | - |
| Regenwassernutzung für Bewässerung | + | o | ++ |
| Offene Wasserfläche | o | - | + |
| Rückhaltung ohne Dauerstau | o | - | o |

++ sehr gut geeignet, + gut geeignet, o wenig geeignet, - nicht geeignet

Tabelle 1 Maßnahmen der Niederschlagsbewirtschaftung im Hinblick auf die Ziele zum Wasserhaushalt

3.1 Berechnungsgrundlagen

3.1.1 Referenzzustand

Gemäß DWA-M 102-4 Pkt. 5.2.5 können die örtlichen Daten des Wasserhaushalts dem Hydrologischen Atlas von Deutschland abgeschätzt werden, sofern keine Wasserhaushaltsmodelle aus alternativen Berechnungsverfahren vorliegen. Daher wurden zur Ermittlung des un bebauten Referenzzustands die örtlichen Daten des Wasserhaushalts aus dem Hydrologischen Atlas von Deutschland herangezogen. Dieser bildet die örtlichen Daten in einem Raster von ca. 1 km² ab (*siehe auch Anhang 1: Örtliche Daten des Wasserhaushalts: Hydrologischer Atlas von Deutschland (HAD 2003a, b)*).

Gewählte Werte aus dem Hydrologischen Atlas von Deutschland:

- P = 800 mm/a (Niederschlagshöhe)
- ET_p = 650 mm/a (mittlere jährliche potentielle Evapotranspiration)
- ET_a = 450 mm/a (mittlere jährliche tatsächliche Evapotranspiration)
- GWN = 150 mm/a (Grundwasserneubildung)
- R = 350 mm/a (Abflusshöhe)

Für den Oberflächenabfluss RD gilt:

$$RD = R - GWN = 350 \text{ mm/a} - 150 \text{ mm/a} = \underline{200 \text{ mm/a}}$$

Für den Niederschlag P gilt:

$$P = ET_a + GWN + RD = 450 \text{ mm/a} + 150 \text{ mm/a} + 200 \text{ mm/a} = \underline{800 \text{ mm/a}}$$

Die aus dem Hydrologischen Atlas von Deutschland entnommenen Werte führen zu folgenden Aufteilungswerten für den unbebauten Zustand:

Direktabfluss **a = 0,250**; Grundwasserneubildung **g = 0,188**; Verdunstung **v = 0,563**

3.1.2 Berechnungsvarianten

Es wurden vier Varianten berechnet (*siehe hierzu auch Abbildung 2 und Abbildung 3 – Ergebnisse WABILA*).

Variante 1 „Ziegeldach“

Die Variante „Ziegeldach“ beinhaltet den Planungszustand ohne Maßnahmen zur Niederschlagsbewirtschaftung. Es ist zu erwarten, dass eine Bebauung des Planungsgebiets ohne gezielte Maßnahmen zur Niederschlagswasserbewirtschaftung die Wasserhaushaltsbilanz im Vergleich zum unbebauten Referenzzustand erheblich verschlechtert.

Variante 2 „Gründach“

Die Variante „Gründach“ untersucht die Auswirkungen von Gründächern auf die Wasserhaushaltsbilanz. Es ist zu erwarten, dass diese Maßnahme den Direktabfluss mindert und die Verdunstung erhöht.

Variante 3 „Gründach + Versickerung“

Die Variante „Gründach + Versickerung“ untersucht die Auswirkung von Versickerungsanlagen (Mulden-Rigolen-Elemente), zusätzlich zur Maßnahme „Gründach“ auf die Wasserhaushaltsbilanz. Durch diese Maßnahme kann eine Erhöhung der Grundwasserneubildung erreicht werden.

Variante 4 „teilweise Gründach + Versickerung“

Die Variante „teilweise Gründach + Versickerung“ untersucht ob die Möglichkeit besteht, zumindest bei ca. 20 % der Gebäude auch eine alternative Dachbefestigung z.B. Ziegeldach zu erlauben. Die Variante wurde mit 80 % Gründach und 20 % Steildach (alle Deckungsmaterialien) berechnet.

3.1.3 Berechnungsparameter

Durchlässigkeitsbeiwert

Direkt neben dem Bebauungsplangebiet "EISENBAHNSTRASSE – IM KALKOFEN – AM BAHNHOF“ befindet sich das Baugebiet "EISENBAHNSTRASSE – RAIFFEISENGELÄNDE“. Im Zuge der Entwässerungsplanung dieses Gebiets wurde im Rahmen einer Stellungnahme zur Versickerung des anfallenden Niederschlagswassers vom Ingenieurbüro Roth & Partner GmbH der Durchlässigkeitsbeiwert des anstehenden Bodens durch einen Doppelringinfiltrometer-Versuch ermittelt. Da für das Bebauungsplangebiet "EISENBAHNSTRASSE – IM KALKOFEN – AM BAHNHOF“ noch kein Bodengutachten vorliegt, wird der Durchlässigkeitsbeiwert aus dieser Stellungnahme für das Planungsgebiet angesetzt.

$$k_f = 6 \cdot 10^{-6} \text{ m/s} \hat{=} 21,6 \text{ mm/h}$$

Einzugsgebietsflächen

In Vorbereitung wurden die Einzelflächen und deren Art der Befestigung für das gesamte Bebauungsplangebiet ermittelt (*siehe auch Anhang 2: Lageplan Flächenermittlung*).

Die geplante Grundflächenzahl (GRZ) beträgt 0,4. Zur Ermittlung der Dachflächen wurde angenommen, dass ca. 40 % der Grundstücksfläche aus Dachfläche besteht. Des Weiteren wurde angenommen, dass ca. 20 % der Grundstücksfläche befestigt wird und ca. 40 % der Grundstücksfläche aus Garten- und Grünfläche besteht.

Innerhalb der geplanten öffentlichen Grünflächen sind gemäß dem derzeitigen städtebaulichen Konzept Fußwege geplant. In der Flächenermittlung wurde angenommen, dass ca. 5 % der öffentlichen Grünfläche aus Fußwegen besteht. Des Weiteren sind

innerhalb der Grünflächen Versickerungsanlagen geplant, deren Dimensionierung für die Wasserhaushaltsbilanz im Folgenden erläutert wird.

Größe der Versickerungsanlagen

Das Merkblatt DWA-M 102-4 gibt einen Gültigkeitsbereich für den Anteil der Versickerungsfläche einer Mulde bezogen auf die angeschlossene abflusswirksame Fläche vor. Der im Merkblatt angegebene Standardwert stellt keine Dimensionierung gemäß Arbeitsblatt DWA-A 138 dar, sondern ist als Orientierungswert anzusehen.

Der Standardwert gemäß Merkblatt DWA-M 102-4 beträgt:

$$f_{S,M} = 21,86 * k_f^{-0,348} = 21,86 * 21,6 * 10^{-0,439} = 7,5 \%$$

Die an die Versickerungsanlage angeschlossene abflusswirksame Fläche beträgt:

| Name | Fläche [m ²] | a [-] | Abflusswirksame Fläche [m ²] |
|--------------------------|-----------------------------|-------|--|
| | | | (Fläche * a) |
| Fußweg- und Radwege | 357 | 0,793 | 283 |
| Wege in Grünfläche | 880 | 0,087 | 77 |
| Grünfläche | 14.961 | 0,100 | 1.496 |
| Grüne Höfe | 1.630 | 0,793 | 1.293 |
| Parkplätze | 5.262 | 0,793 | 4.173 |
| Straßenfläche | 11.526 | 0,741 | 8.541 |
| Dachfläche | 18.451 | 0,411 | 7.583 |
| bef. Grundstücksfläche | 9226 | 0,793 | 7.316 |
| unbef. Grundstücksfläche | 18.451 | 0,100 | 1.845 |
| Summe | 80.744 m² | | 32.607 m² |

Tabelle 2 Ermittlung der abflusswirksamen Fläche

a = Aufteilungswert für den Direktabfluss (R_D)

Die Größe der Versickerungsfläche gemäß Standardwert DWA-M 102-4 beträgt:

$$A_s = f_{S,M} * A_u = 7,5 \% * 32.607 \text{ m}^2 = 2.447 \text{ m}^2$$

Achtung: Die Gleichung berechnet einen Flächenanteil der Versickerungsmulde des Mulden-Rigolen-Elements, welcher bezogen auf den Gültigkeitsbereich dem oberen Quartil entspricht. Sie stellt keine Dimensionierung gemäß Arbeitsblatt DWA-A 138 dar, sondern ist als Orientierungswert für den Flächenbedarf der Versickerungsanlage anzusehen.

3.2 Ergebnisse der Wasserhaushaltsbilanz

Gemäß Merkblatt DWA M-102-4 sind Abweichungen in den Aufteilungswerten gegenüber dem unbebauten Zustand von **5 bis 10 Prozentpunkten** erreichbar, wenn die Möglichkeiten der Niederschlagswasserbewirtschaftung zielgerichtet genutzt werden.

Variante 1 „Ziegeldach“

Im Ergebnis der Wasserhaushaltsbilanz führt der Planungszustand „Ziegeldach“ bzw. der Planungszustand ohne Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung zu folgenden Aufteilungswerten:

Direktabfluss **$a = 0,503$** ; Grundwasserneubildung **$g = 0,135$** ; Verdunstung **$v = 0,362$**

Sodass sich folgende absolute Abweichungen zwischen dem unbebauten Zustand und dem Planungszustand ergeben:

- $a = + 0,253$
- $g = - 0,052$
- $v = - 0,201$

Durch die geplante Bebauung werden demnach alle relevanten Werte (Direktabfluss, Grundwasserneubildung und Verdunstung) verschlechtert, wobei die Verschlechterung der Grundwasserneubildung noch im vom Merkblatt DWA M-102-4 empfohlenen Bereich von **5 bis 10 Prozentpunkten** liegt. Für die Parameter Direktabfluss und Verdunstung müssen Maßnahmen zur Niederschlagswasserbewirtschaftung vorgesehen werden.

Variante 2 „Gründach“

Bei der Maßnahme „Gründach“ liegen gemäß der Berechnung folgende Aufteilungswerte vor:

Direktabfluss **$a = 0,394$** ; Grundwasserneubildung **$g = 0,135$** ; Verdunstung **$v = 0,471$**

Sodass sich folgende absolute Abweichungen zwischen dem unbebauten Zustand und dem Planungszustand ergeben:

- $a = + 0,144 \rightarrow$ Verminderung um 0,109 (vgl. Variante 1)
- $g = - 0,052 \rightarrow$ keine Veränderung (vgl. Variante 1)
- $v = - 0,092 \rightarrow$ Erhöhung um 0,109 (vgl. Variante 1)

Die Maßnahme „Gründach“ reduziert den Direktabfluss deutlich um ca. 11 Prozentpunkte im Vergleich zur Berechnungsvariante „Ziegeldach“. Die Werte liegen jedoch noch knapp über den empfohlenen **5 bis 10 Prozentpunkten** zum unbebauten Referenzzustand. Die Verdunstung wurde deutlich um 11 Prozentpunkte im Vergleich zur Berechnungsvariante „Ziegeldach“ erhöht. Durch diese Maßnahme liegen die Werte für die Verdunstung im empfohlenen Bereich von **5 bis 10 Prozentpunkten**. Erwartungsgemäß haben Gründächer keinen Einfluss auf die Grundwasserneubildung. Um für den Parameter Direktabfluss ebenfalls im empfohlenen Grenzbereich zu bleiben, sind weitere Maßnahmen zur Niederschlagswasserbewirtschaftung erforderlich.

Variante 3 „Gründach + Versickerung“

Bei der Maßnahme „Gründach + Versickerung“ liegen gemäß der Berechnung folgende Aufteilungswerte vor:

Direktabfluss **$a = 0,006$** ; Grundwasserneubildung **$g = 0,529$** ; Verdunstung **$v = 0,465$**

Sodass sich folgende absolute Abweichungen zwischen dem unbebauten Zustand und dem Planungszustand ergeben:

- $a = - 0,244 \rightarrow$ Verminderung um 0,100 (vgl. Variante 2)
- $g = + 0,342 \rightarrow$ Erhöhung um 0,290 (vgl. Variante 2)
- $v = - 0,097 \rightarrow$ Verminderung um 0,005 (vgl. Variante 2)

Die Versickerungsanlage hat den Direktabfluss noch einmal deutlich um ca. 10 Prozentpunkte im Vergleich zur Berechnungsvariante „Gründach“ reduziert. Die Grundwasserneubildung wurde um 29 Prozentpunkte erhöht. Durch diese Maßnahme kann sogar eine erhebliche Verbesserung über den vom Merkblatt DWA-M 102-4 empfohlenen Bereich hinaus erreicht werden. Die Verdunstung wurde geringfügig um ca. 5 Prozentpunkte vermindert, damit liegen die Werte immer noch im empfohlenen Bereich von **5 bis 10 Prozentpunkten**.

Variante 4 „teilweise Gründach + Versickerung“

Bei der Maßnahme „teilweise Gründach + Versickerung“ liegen gemäß der Berechnung folgende Aufteilungswerte vor:

Direktabfluss **$a = 0,006$** ; Grundwasserneubildung **$g = 0,550$** ; Verdunstung **$v = 0,443$**

Sodass sich folgende absolute Abweichungen zwischen dem unbebauten Zustand und dem Planungszustand ergeben:

- $a = -0,244 \rightarrow$ keine Veränderung (vgl. Variante 3)
- $g = +0,363 \rightarrow$ Erhöhung um 0,021 (vgl. Variante 3)
- $v = -0,119 \rightarrow$ Verminderung um 0,022 (vgl. Variante 3)

Die Reduzierung der Gründächer von 100 % auf 80 % bzw. die Wahl von z.B. Ziegeldächern bei 20 % der Dachflächen führt beim Aufteilungswert für den Direktabfluss zu kaum einer Veränderung. Die Werte für die Grundwasserneubildung werden um ca. 2 Prozentpunkte im Vergleich zur Variante 3 erhöht. Die Werte für die Verdunstung werden um ca. 2 Prozentpunkte vermindert. Damit liegen die Werte für die Verdunstung knapp über dem empfohlenen Bereich von **5 bis 10 Prozentpunkten**.

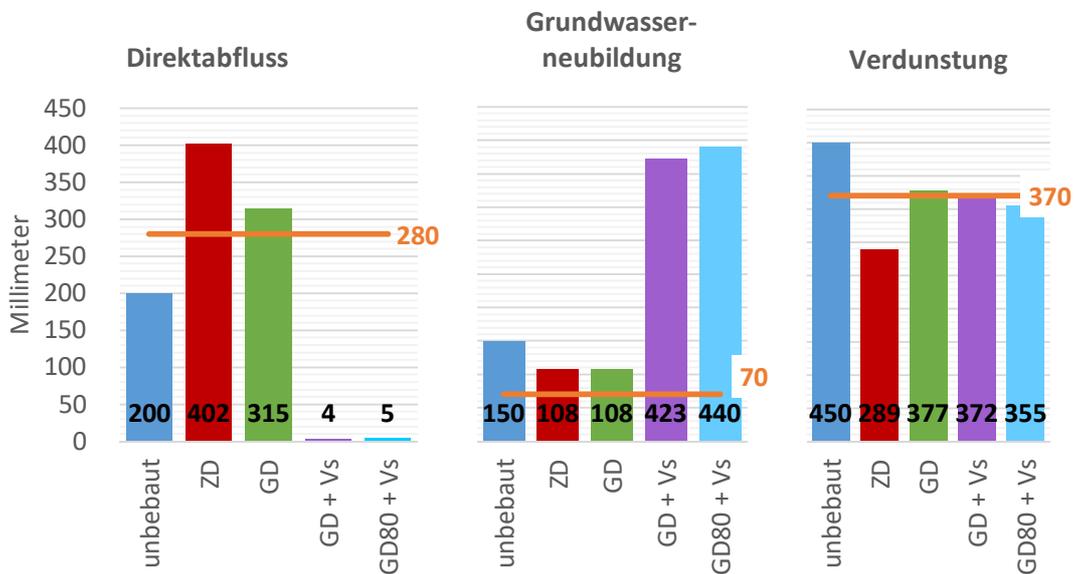


Abbildung 2 Ergebnisse WABILA – Vergleich der Wasserbilanzen

LEGENDE

- 280 Grenzwert maximale Abweichung um 10 Prozentpunkte
- Unbebauter Zustand
- Variante 1 „Ziegeldach“
- Variante 2 „Gründach“
- Variante 3 „Gründach + Versickerung“
- Variante 4 „teilweise Gründach + Versickerung“

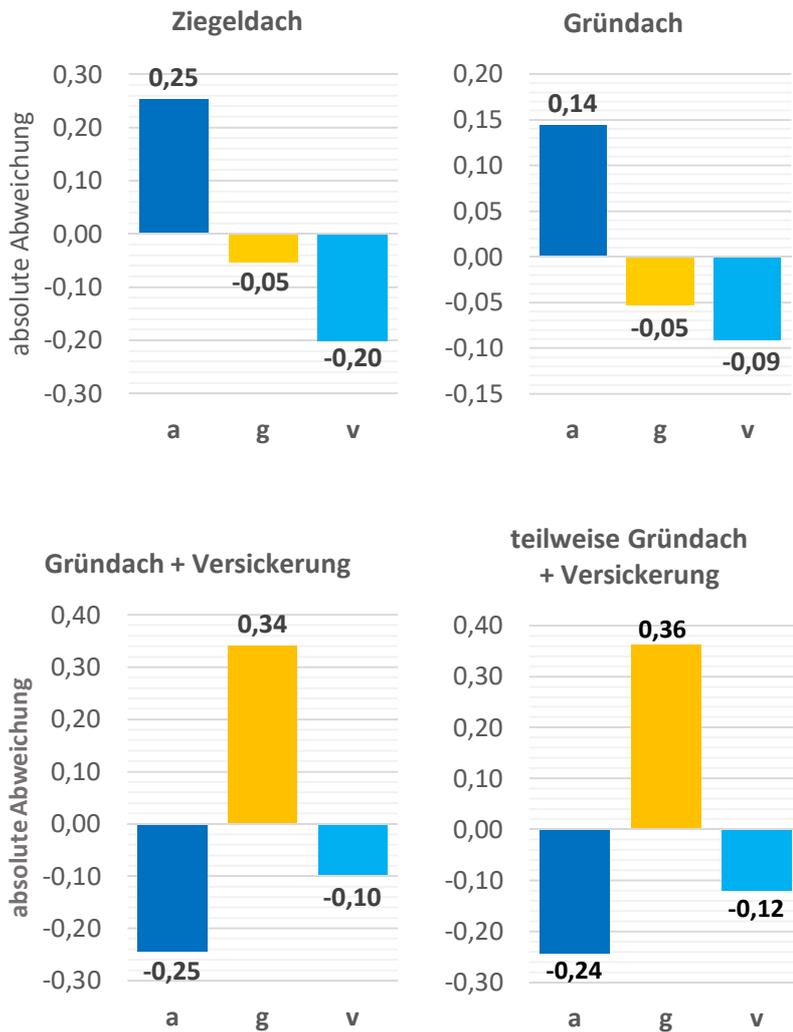


Abbildung 3 Ergebnisse WABILA – Abweichung vom unbebauten Zustand

3.3 Zusammenfassung der Ergebnisse der Wasserhaushaltsbilanz

Gemäß dem Merkblatt DWA-M 102-4 können die örtlichen Daten des Wasserhaushalts aus dem Hydrologischen Atlas von Deutschland entnommen werden, sofern keine Wasserhaushaltsmodelle für das betroffene Bilanzgebiet vorliegen.

Beim Vergleich des Planungszustands ohne Maßnahmen mit dem unbebauten Zustand bzw. mit den aus dem Hydrologischen Atlas von Deutschland entnommen Daten werden insbesondere die Werte für den Direktabfluss und für die Verdunstung erheblich verschlechtert.

Aufgrund des im WHG in Verbindung mit der EG-WRRL formulierten Verschlechterungsverbots werden Maßnahmen zur Niederschlagsbewirtschaftung vorgesehen.

Durch die Maßnahme „Gründach“ kann der Direktabfluss reduziert und die Verdunstung bis zum empfohlenen Bereich von **5 bis 10 Prozentpunkten** verbessert werden.

Durch die Maßnahme „Gründach + Versickerung“ wird der Direktabfluss und die Grundwasserneubildung im Vergleich zum un bebauten Zustand sogar erheblich verbessert. Die Werte für die Verdunstung bewegen sich im empfohlenen Bereich von **5 bis 10 Prozentpunkten**.

Es ist insbesondere aufgrund des stark geminderten Direktabflusses zu empfehlen, Versickerungsanlagen im Bebauungsplan festzusetzen. Des Weiteren ist die Festsetzung von Gründächern im Bebauungsplan zu empfehlen, da diese sich nicht nur im Hinblick auf die Verdunstung, sondern auch im Hinblick auf die für die Versickerung benötigte Fläche (Reduktion der abflusswirksamen Fläche), positiv auswirken.

Bei einer nur teilweisen Festsetzung von Gründächern (z.B. 80%) im Baugebiet wird der empfohlene Grenzwert für die Verdunstung überschritten und die erforderlichen Versickerungsflächen müssen größer werden. Aufgrund der vorgesehenen Anordnung von einzelnen zentralen Versickerungsanlagen wäre dies in einzelnen Bereichen bei der zur Verfügung stehenden Fläche darüber hinaus gar nicht zu realisieren.

Im Ergebnis der Wasserhaushaltsbilanz und unter Berücksichtigung der für die Niederschlagswasserbewirtschaftung im Bebauungsplan vorgesehenen Flächen empfehlen wir für die Festsetzung im Bebauungsplan:

1. Das auf den öffentlichen Flächen und privaten Baugrundstücken anfallende Niederschlagswasser wird in den dafür vorgesehenen Flächen zentral versickert.
2. Die Ausbildung der Dachflächen erfolgt zu 100% als intensiv begrüntes Dach mit mindestens 30cm Substrataufbau.

Aufgestellt:

Karlsruhe, 22.08.2022 Mai/LS/0105_WABILA

dr.figlus | mairon | zafiriou | gmbh

Ingenieurbüro für Bauwesen



Dipl.-Ing. Christiane Mairon

Geschäftsführerin



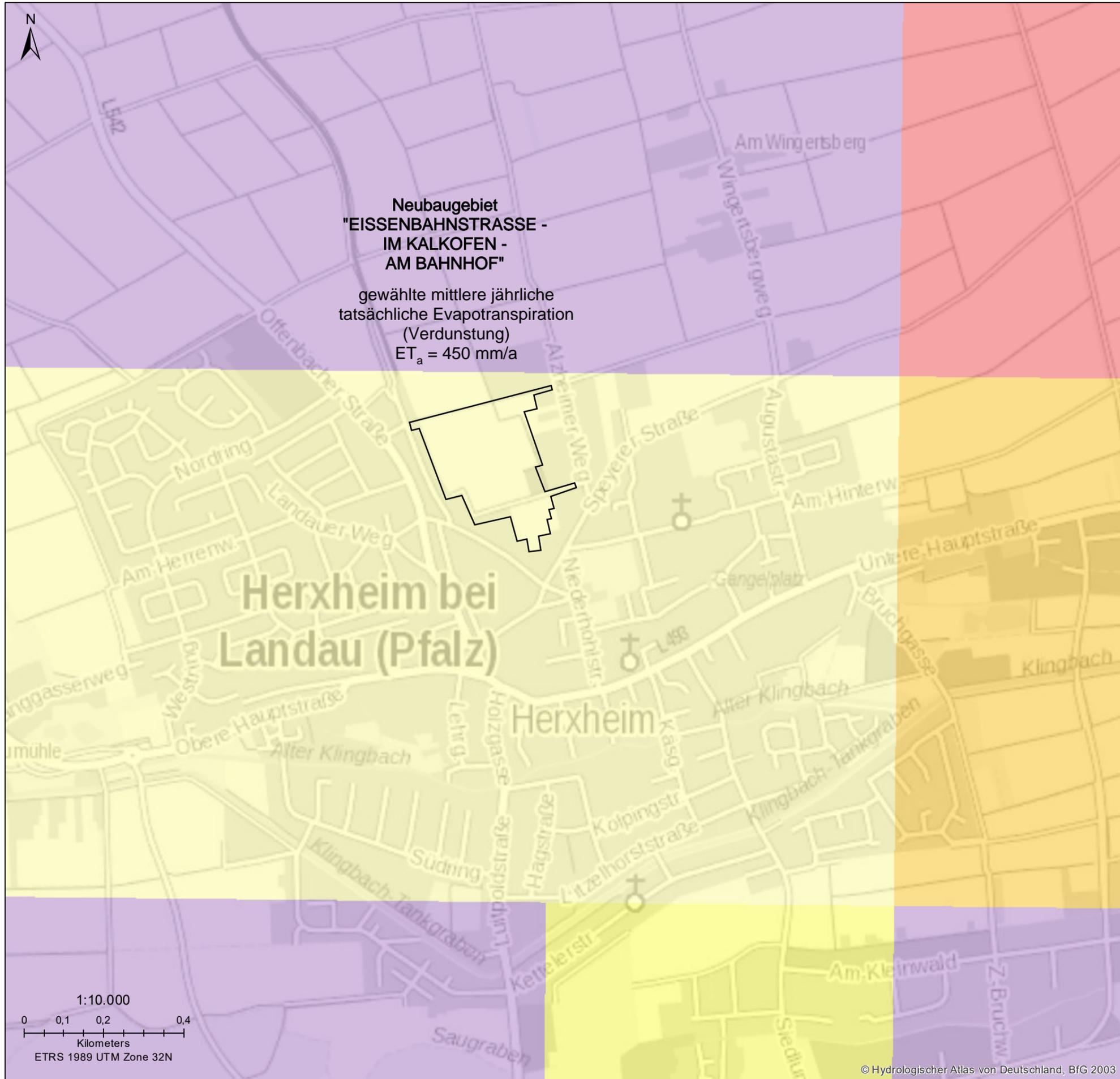


B.Eng. Lena Schwarz

Projektingenieurin

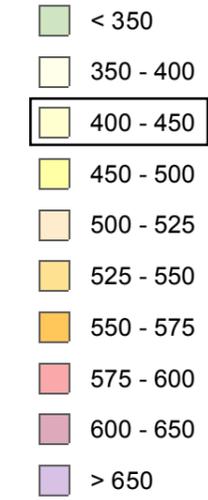
Anhang 1

**Örtliche Daten des Wasserhaushalts:
Hydrologischer Atlas von Deutschland
(HAD 2003a, b)**



Legende

mittlere jährliche
tatsächliche
Verdunstungshöhe



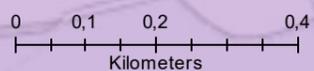
Neubaugebiet
"EISSENBAHNSTRASSE -
IM KALKOFEN -
AM BAHNHOF"

gewählte mittlere jährliche
tatsächliche Evapotranspiration
(Verdunstung)
 $ET_a = 450 \text{ mm/a}$

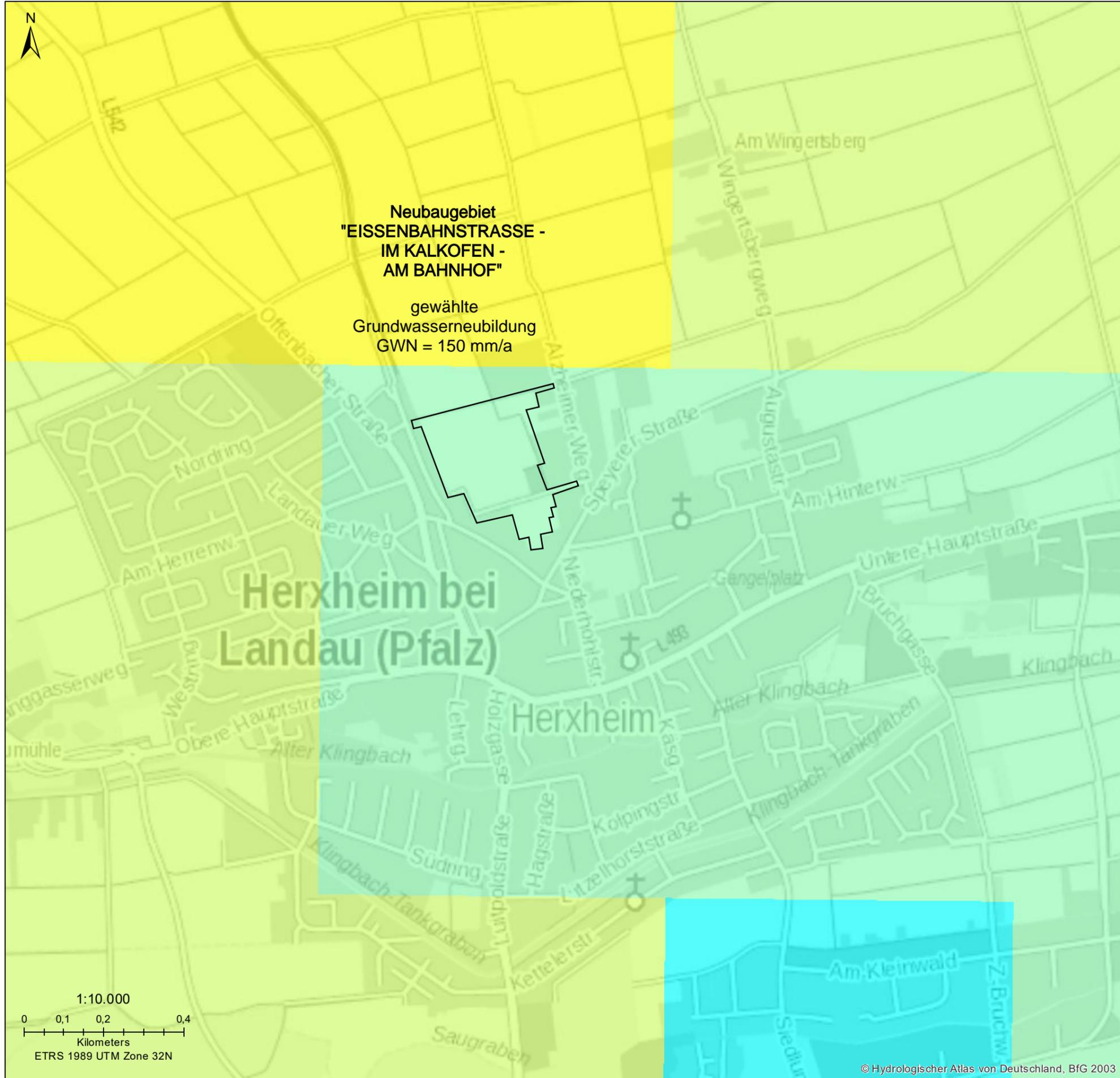


Fachdaten: Zuständige Behörden der Länder
Hintergrunddaten: © GeoBasis-DE / BKG 2022

1:10.000

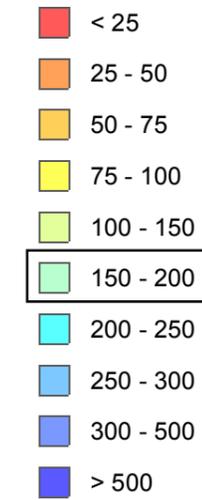


ETRS 1989 UTM Zone 32N



Legende

Grundwasserneubildung [mm/a]

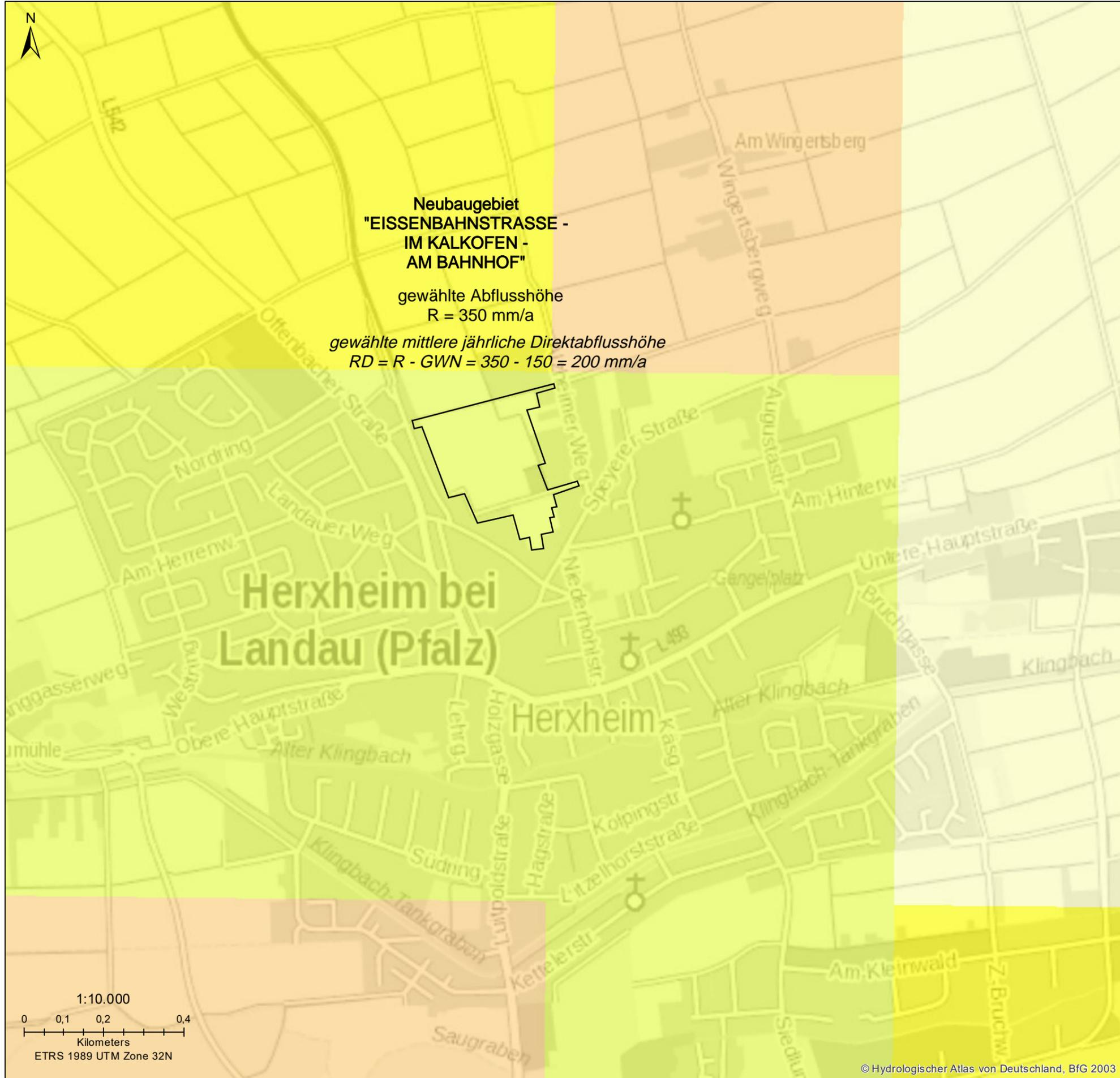


1:10.000

0 0,1 0,2 0,4

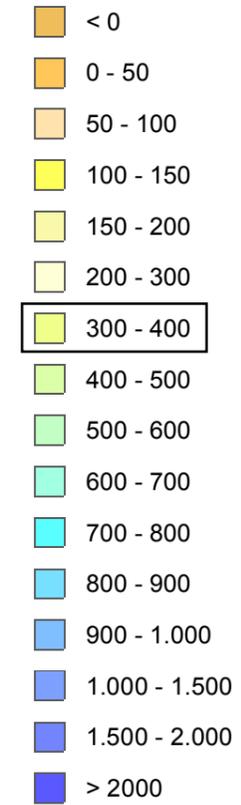
Kilometers

ETRS 1989 UTM Zone 32N



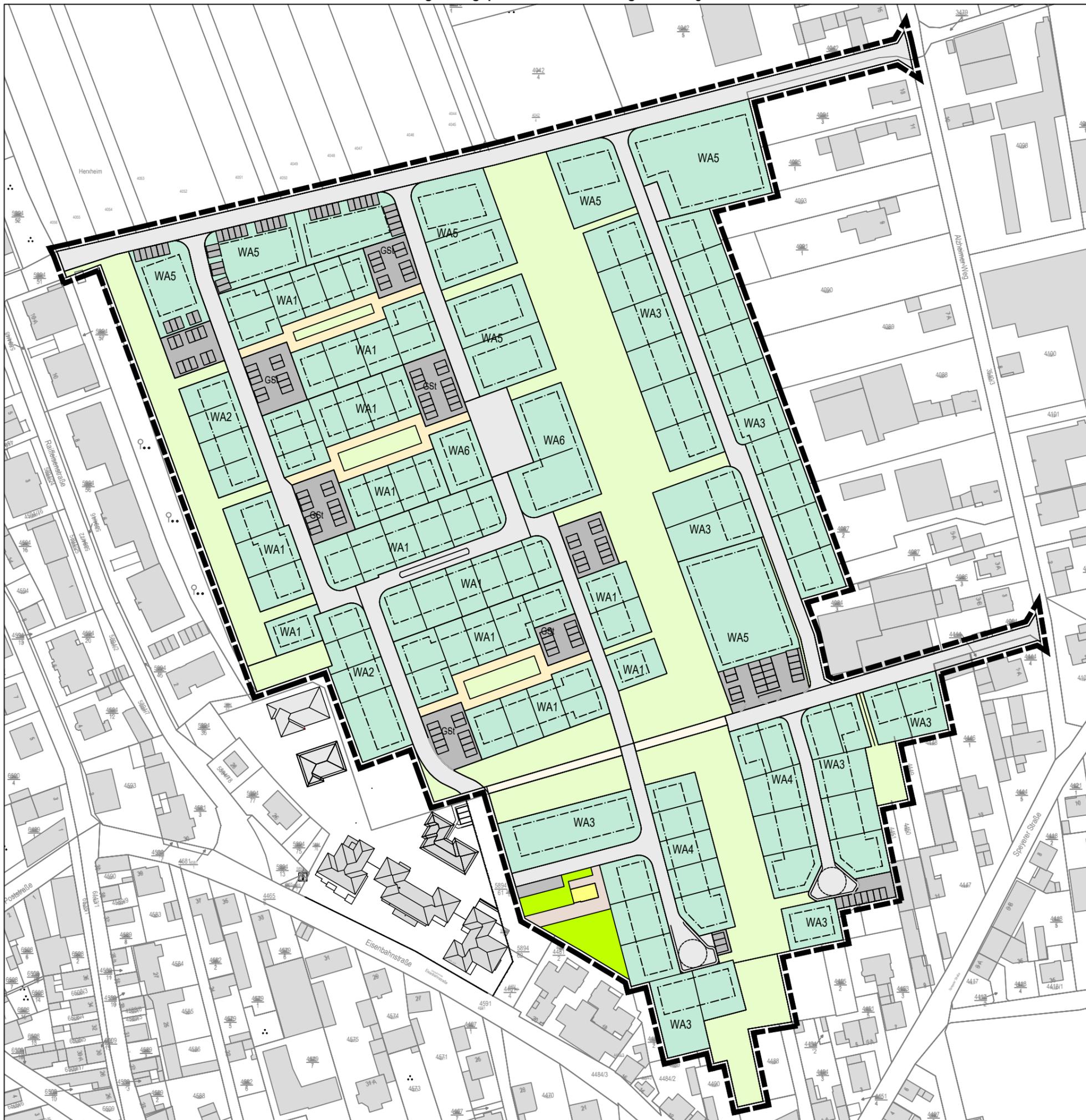
Legende

Abflusshöhe in mm a



Anhang 2

Lagepläne Flächenermittlung



Einzugsgebietsflächen

- ca. 18.288 m² Grünfläche (davon 14.961 m² Grünfläche, 2.447 m² Versickerungsanlagen, 880 m² Wege innerhalb Grünfläche)
 - ca. 46.128 m² Grundstücksfläche (davon 18.451 m² Dachfläche, 9.226 m² befestigte Grundstücksfläche, 18.451 m² unbefestigte Grundstücksfläche)
 - ca. 11.526 m² Straßenfläche
 - ca. 5.262 m² Parkplätze
 - ca. 357 m² Fuß- und Radwege
 - ca. 1.630 m² Gemeinschaftsfläche / Grüne Höfe
 - ca. 706 m² Grünfläche Trafostation
 - ca. 293 m² Pflasterfläche Trafostation
 - ca. 67 m² Trafostation
- ca. 84.257 m² Gesamtfläche Einzugsgebiet A_E**

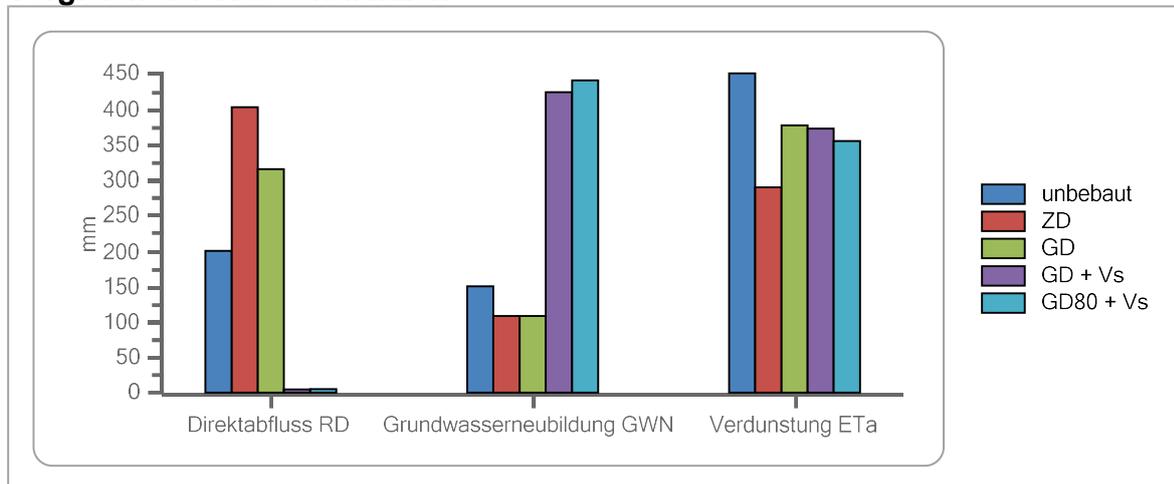
Anhang 3

Ergebnisbericht Wasserbilanz-Expert (WABILA)

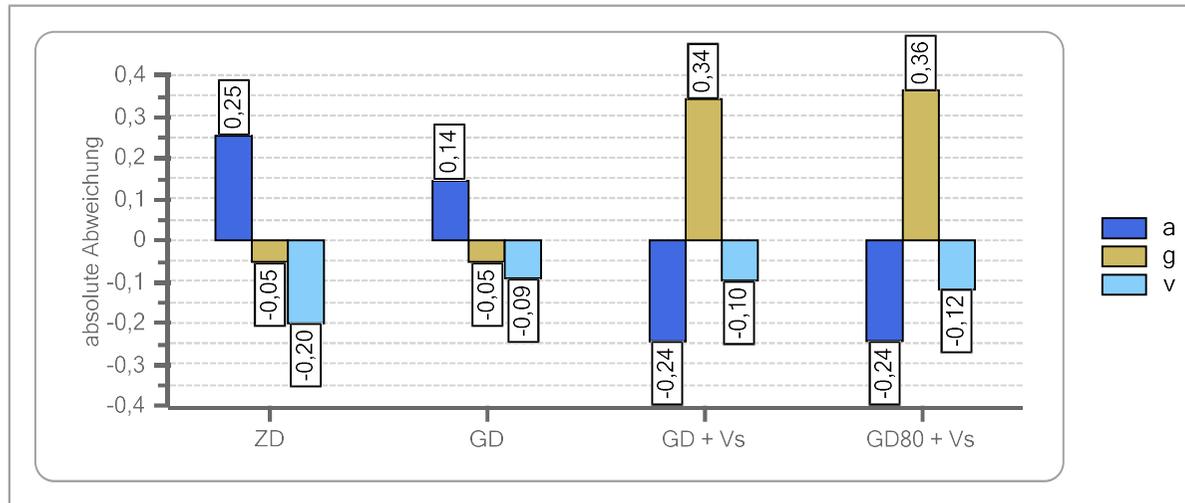
Zusammenfassung der Ergebnisse

| Variante | Wasserbilanz | | | Aufteilungsfaktor | | | Abweichung | | |
|-----------|--------------|-----|-----|-------------------|-------|-------|------------|--------|--------|
| | RD | GWN | ETa | a | g | v | a | g | v |
| | (mm) | | | (-) | | | (-) | | |
| unbebaut | 200 | 150 | 450 | 0,250 | 0,188 | 0,563 | | | |
| ZD | 402 | 108 | 289 | 0,503 | 0,135 | 0,362 | 0,253 | -0,052 | -0,201 |
| GD | 315 | 108 | 377 | 0,394 | 0,135 | 0,471 | 0,144 | -0,052 | -0,092 |
| GD + Vs | 4 | 423 | 372 | 0,006 | 0,529 | 0,465 | -0,244 | 0,342 | -0,097 |
| GD80 + Vs | 5 | 440 | 355 | 0,006 | 0,550 | 0,443 | -0,244 | 0,363 | -0,119 |

Vergleich der Wasserbilanzen



Abweichungen vom unbebauten Zustand



Ergebnisse der Varianten

Ergebnisse Variante ZD

| Typ | Name | Element Typ | Größe (m ²) | a | g | v | Zufluss (m ³) | RD (m ³) | GWN (m ³) | ETa (m ³) | Ziel |
|--------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------|------|------|------|---------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| Fläche | Fußweg- und Radwege | Pflaster mit dichten Fugen | 357 | 0,79 | 0,00 | 0,21 | 286 | 226 | 0 | 59 | Ableitung |
| Fläche | Wege in Grünfläche | wassergebundene Decke | 880 | 0,09 | 0,49 | 0,42 | 704 | 61 | 346 | 297 | Ableitung |
| Fläche | Grünfläche | Garten, Grünflächen | 17.408 | 0,10 | 0,30 | 0,60 | 13.926 | 1.393 | 4.178 | 8.356 | Ableitung |
| Fläche | Grüne Höfe | Pflaster mit dichten Fugen | 1.630 | 0,79 | 0,00 | 0,21 | 1.304 | 1.034 | 0 | 270 | Ableitung |
| Fläche | Parkplätze | Pflaster mit dichten Fugen | 5.262 | 0,79 | 0,00 | 0,21 | 4.210 | 3.336 | 0 | 873 | Ableitung |
| Fläche | Straßenfläche | Asphalt, fugenloser Beton | 11.526 | 0,74 | 0,00 | 0,26 | 9.221 | 6.830 | 0 | 2.391 | Ableitung |
| Fläche | Dachfläche | Steildach, alle Deckungsmaterialien | 18.451 | 0,91 | 0,00 | 0,09 | 14.761 | 13.418 | 0 | 1.343 | Ableitung |
| Fläche | bef. Grundstückfläche | Pflaster mit dichten Fugen | 9.226 | 0,79 | 0,00 | 0,21 | 7.381 | 5.850 | 0 | 1.531 | Ableitung |
| Fläche | unbef. Grundstückfläche | Garten, Grünflächen | 18.451 | 0,10 | 0,30 | 0,60 | 14.761 | 1.476 | 4.428 | 8.856 | Ableitung |
| Fläche | Grünfläche Trafostation | Garten, Grünflächen | 706 | 0,10 | 0,30 | 0,60 | 565 | 56 | 169 | 339 | Ableitung |

| Typ | Name | Element Typ | Größe (m ²) | a | g | v | Zufluss (m ³) | RD (m ³) | GWN (m ³) | ETa (m ³) | Ziel |
|--------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------|------|------|------|---------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| Fläche | Pflasterfläche Trafostation | Pflaster mit dichten Fugen | 293 | 0,79 | 0,00 | 0,21 | 234 | 186 | 0 | 49 | Ableitung |
| Fläche | Trafostation | Flachdach (Kies) | 67 | 0,76 | 0,00 | 0,24 | 54 | 41 | 0 | 13 | Ableitung |

Ergebnisse Variante GD

| Typ | Name | Element Typ | Größe (m ²) | a | g | v | Zufluss (m ³) | RD (m ³) | GWN (m ³) | ETa (m ³) | Ziel |
|--------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|------|------|------|---------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| Fläche | Fußweg- und Radwege | Pflaster mit dichten Fugen | 357 | 0,79 | 0,00 | 0,21 | 286 | 226 | 0 | 59 | Ableitung |
| Fläche | Wege in Grünfläche | wassergebundene Decke | 880 | 0,09 | 0,49 | 0,42 | 704 | 61 | 346 | 297 | Ableitung |
| Fläche | Grünfläche | Garten, Grünflächen | 17.408 | 0,10 | 0,30 | 0,60 | 13.926 | 1.393 | 4.178 | 8.356 | Ableitung |
| Fläche | Grüne Höfe | Pflaster mit dichten Fugen | 1.630 | 0,79 | 0,00 | 0,21 | 1.304 | 1.034 | 0 | 270 | Ableitung |
| Fläche | Parkplätze | Pflaster mit dichten Fugen | 5.262 | 0,79 | 0,00 | 0,21 | 4.210 | 3.336 | 0 | 873 | Ableitung |
| Fläche | Straßenfläche | Asphalt, fugenloser Beton | 11.526 | 0,74 | 0,00 | 0,26 | 9.221 | 6.830 | 0 | 2.391 | Ableitung |
| Fläche | Dachfläche | Gründach mit Intensivbegrünung | 18.451 | 0,41 | 0,00 | 0,59 | 14.761 | 6.063 | 0 | 8.698 | Ableitung |
| Fläche | bef. Grundstückfläche | Pflaster mit dichten Fugen | 9.226 | 0,79 | 0,00 | 0,21 | 7.381 | 5.850 | 0 | 1.531 | Ableitung |
| Fläche | unbef. Grundstückfläche | Garten, Grünflächen | 18.451 | 0,10 | 0,30 | 0,60 | 14.761 | 1.476 | 4.428 | 8.856 | Ableitung |
| Fläche | Grünfläche Trafostation | Garten, Grünflächen | 706 | 0,10 | 0,30 | 0,60 | 565 | 56 | 169 | 339 | Ableitung |

| Typ | Name | Element Typ | Größe (m ²) | a | g | v | Zufluss (m ³) | RD (m ³) | GWN (m ³) | ETa (m ³) | Ziel |
|--------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------|------|------|------|---------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| Fläche | Pflasterfläche Trafostation | Pflaster mit dichten Fugen | 293 | 0,79 | 0,00 | 0,21 | 234 | 186 | 0 | 49 | Ableitung |
| Fläche | Trafostation | Flachdach (Kies) | 67 | 0,76 | 0,00 | 0,24 | 54 | 41 | 0 | 13 | Ableitung |

Ergebnisse Variante GD + Vs

| Typ | Name | Element Typ | Größe (m ²) | a | g | v | Zufluss (m ³) | RD (m ³) | GWN (m ³) | ETa (m ³) | Ziel |
|--------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|------|------|------|---------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| Fläche | Fußweg- und Radwege | Pflaster mit dichten Fugen | 357 | 0,79 | 0,00 | 0,21 | 286 | 226 | 0 | 59 | M-R-E |
| Fläche | Wege in Grünfläche | wassergebundene Decke | 880 | 0,09 | 0,49 | 0,42 | 704 | 61 | 346 | 297 | M-R-E |
| Fläche | Grünfläche | Garten, Grünflächen | 14.961 | 0,10 | 0,30 | 0,60 | 11.969 | 1.197 | 3.591 | 7.181 | M-R-E |
| Fläche | Grüne Höfe | Pflaster mit dichten Fugen | 1.630 | 0,79 | 0,00 | 0,21 | 1.304 | 1.034 | 0 | 270 | M-R-E |
| Fläche | Parkplätze | Pflaster mit dichten Fugen | 5.262 | 0,79 | 0,00 | 0,21 | 4.210 | 3.336 | 0 | 873 | M-R-E |
| Fläche | Straßenfläche | Asphalt, fugenloser Beton | 11.526 | 0,74 | 0,00 | 0,26 | 9.221 | 6.830 | 0 | 2.391 | M-R-E |
| Fläche | Dachfläche | Gründach mit Intensivbegrünung | 18.451 | 0,41 | 0,00 | 0,59 | 14.761 | 6.063 | 0 | 8.698 | M-R-E |
| Fläche | bef. Grundstückfläche | Pflaster mit dichten Fugen | 9.226 | 0,79 | 0,00 | 0,21 | 7.381 | 5.850 | 0 | 1.531 | M-R-E |
| Fläche | unbef. Grundstückfläche | Garten, Grünflächen | 18.451 | 0,10 | 0,30 | 0,60 | 14.761 | 1.476 | 4.428 | 8.856 | M-R-E |
| Fläche | Grünfläche Trafostation | Garten, Grünflächen | 706 | 0,10 | 0,30 | 0,60 | 565 | 56 | 169 | 339 | Ableitung |

| Typ | Name | Element Typ | Größe (m ²) | a | g | v | Zufluss (m ³) | RD (m ³) | GWN (m ³) | ETa (m ³) | Ziel |
|----------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------|------|------|------|---------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| Fläche | Pflasterfläche Trafostation | Pflaster mit dichten Fugen | 293 | 0,79 | 0,00 | 0,21 | 234 | 186 | 0 | 49 | Ableitung |
| Fläche | Trafostation | Flachdach (Kies) | 67 | 0,76 | 0,00 | 0,24 | 54 | 41 | 0 | 13 | Ableitung |
| Maßnahme | M-R-E | Mulden-Rigolen-Element | 2.447 | 0,00 | 0,97 | 0,03 | 28.031 | 96 | 27.147 | 788 | Ableitung |

Ergebnisse Variante GD80 + Vs

| Typ | Name | Element Typ | Größe (m ²) | a | g | v | Zufluss (m ³) | RD (m ³) | GWN (m ³) | ETa (m ³) | Ziel |
|--------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|------|------|------|---------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| Fläche | Fußweg- und Radwege | Pflaster mit dichten Fugen | 357 | 0,79 | 0,00 | 0,21 | 286 | 226 | 0 | 59 | M-R-E |
| Fläche | Wege in Grünfläche | wassergebundene Decke | 880 | 0,09 | 0,49 | 0,42 | 704 | 61 | 346 | 297 | M-R-E |
| Fläche | Grünfläche | Garten, Grünflächen | 14.961 | 0,10 | 0,30 | 0,60 | 11.969 | 1.197 | 3.591 | 7.181 | M-R-E |
| Fläche | Grüne Höfe | Pflaster mit dichten Fugen | 1.630 | 0,79 | 0,00 | 0,21 | 1.304 | 1.034 | 0 | 270 | M-R-E |
| Fläche | Parkplätze | Pflaster mit dichten Fugen | 5.262 | 0,79 | 0,00 | 0,21 | 4.210 | 3.336 | 0 | 873 | M-R-E |
| Fläche | Straßenfläche | Asphalt, fugenloser Beton | 11.526 | 0,74 | 0,00 | 0,26 | 9.221 | 6.830 | 0 | 2.391 | M-R-E |
| Fläche | Dach (GD) | Gründach mit Intensivbegrünung | 14.761 | 0,41 | 0,00 | 0,59 | 11.809 | 4.851 | 0 | 6.958 | M-R-E |
| Fläche | bef. Grundstückfläche | Pflaster mit dichten Fugen | 9.226 | 0,79 | 0,00 | 0,21 | 7.381 | 5.850 | 0 | 1.531 | M-R-E |
| Fläche | unbef. Grundstückfläche | Garten, Grünflächen | 18.451 | 0,10 | 0,30 | 0,60 | 14.761 | 1.476 | 4.428 | 8.856 | M-R-E |
| Fläche | Grünfläche Trafostation | Garten, Grünflächen | 706 | 0,10 | 0,30 | 0,60 | 565 | 56 | 169 | 339 | Ableitung |

| Typ | Name | Element Typ | Größe (m ²) | a | g | v | Zufluss (m ³) | RD (m ³) | GWN (m ³) | ETa (m ³) | Ziel |
|----------|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------|------|------|------|---------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| Fläche | Pflasterfläche Trafostation | Pflaster mit dichten Fugen | 293 | 0,79 | 0,00 | 0,21 | 234 | 186 | 0 | 49 | Ableitung |
| Fläche | Trafostation | Flachdach (Kies) | 67 | 0,76 | 0,00 | 0,24 | 54 | 41 | 0 | 13 | Ableitung |
| Maßnahme | M-R-E | Mulden-Rigolen-Element | 2.447 | 0,00 | 0,97 | 0,03 | 29.502 | 138 | 28.571 | 793 | Ableitung |
| Fläche | Dach (ZD) | Steildach, alle Deckungsmaterialien | 3.690 | 0,91 | 0,00 | 0,09 | 2.952 | 2.683 | 0 | 269 | M-R-E |

Parameter der Varianten

Parameterwerte ZD

| Name | Parameter | Wert | Min | Max | empf. Wert |
|--------------------------|-------------------|------|------|-----|------------|
| Fußweg- und Radwege | Speicherhöhe | 1,5 | 0,6 | 3 | NaN |
| Wege in Grünfläche | Speicher (mm) | 3,5 | 2,5 | 4,2 | NaN |
| | Aufbaustärke (mm) | 100 | 50 | 100 | NaN |
| | kf-Wert (mm/h) | 1,8 | 0,72 | 10 | NaN |
| Grünfläche | a | 0,1 | 0 | 1 | NaN |
| | g | 0,3 | 0 | 1 | NaN |
| | v | 0,6 | 0 | 1 | NaN |
| Grüne Höfe | Speicherhöhe | 1,5 | 0,6 | 3 | NaN |
| Parkplätze | Speicherhöhe | 1,5 | 0,6 | 3 | NaN |
| Straßenfläche | Speicherhöhe | 2,5 | 0,6 | 3 | NaN |
| Dachfläche | Speicherhöhe | 0,3 | 0,1 | 0,6 | NaN |
| bef. Grundstücksfläche | Speicherhöhe | 1,5 | 0,6 | 3 | NaN |
| unbef. Grundstücksfläche | a | 0,1 | 0 | 1 | NaN |
| | g | 0,3 | 0 | 1 | NaN |
| | v | 0,6 | 0 | 1 | NaN |
| Grünfläche Trafostation | a | 0,1 | 0 | 1 | NaN |
| | g | 0,3 | 0 | 1 | NaN |
| | v | 0,6 | 0 | 1 | NaN |

| Name | Parameter | Wert | Min | Max | empf. Wert |
|-----------------------------|------------------|-------------|------------|------------|-------------------|
| Pflasterfläche Trafostation | Speicherhöhe | 1,5 | 0,6 | 3 | NaN |
| Trafostation | Speicherhöhe | 2 | 0,6 | 3 | NaN |

Parameterwerte GD

| Name | Parameter | Wert | Min | Max | empf. Wert |
|--------------------------|-------------------|------|------|------|------------|
| Fußweg- und Radwege | Speicherhöhe | 1,5 | 0,6 | 3 | NaN |
| Wege in Grünfläche | Speicher (mm) | 3,5 | 2,5 | 4,2 | NaN |
| | Aufbaustärke (mm) | 100 | 50 | 100 | NaN |
| | kf-Wert (mm/h) | 1,8 | 0,72 | 10 | NaN |
| Grünfläche | a | 0,1 | 0 | 1 | NaN |
| | g | 0,3 | 0 | 1 | NaN |
| | v | 0,6 | 0 | 1 | NaN |
| Grüne Höfe | Speicherhöhe | 1,5 | 0,6 | 3 | NaN |
| Parkplätze | Speicherhöhe | 1,5 | 0,6 | 3 | NaN |
| Straßenfläche | Speicherhöhe | 2,5 | 0,6 | 3 | NaN |
| Dachfläche | WK_max-WP (-) | 0,5 | 0,35 | 0,65 | NaN |
| | Aufbaustärke (mm) | 250 | 100 | 500 | NaN |
| | kf-Wert (mm/h) | 70 | 18 | 100 | NaN |
| bef. Grundstücksfläche | Speicherhöhe | 1,5 | 0,6 | 3 | NaN |
| unbef. Grundstücksfläche | a | 0,1 | 0 | 1 | NaN |
| | g | 0,3 | 0 | 1 | NaN |
| | v | 0,6 | 0 | 1 | NaN |
| Grünfläche Trafostation | a | 0,1 | 0 | 1 | NaN |
| | g | 0,3 | 0 | 1 | NaN |

| Name | Parameter | Wert | Min | Max | empf. Wert |
|-----------------------------|--------------|------|-----|-----|------------|
| | v | 0,6 | 0 | 1 | NaN |
| Pflasterfläche Trafostation | Speicherhöhe | 1,5 | 0,6 | 3 | NaN |
| Trafostation | Speicherhöhe | 2 | 0,6 | 3 | NaN |

Parameterwerte GD + Vs

| Name | Parameter | Wert | Min | Max | empf. Wert |
|--------------------------|-------------------|------|------|------|------------|
| Fußweg- und Radwege | Speicherhöhe | 1,5 | 0,6 | 3 | NaN |
| Wege in Grünfläche | Speicher (mm) | 3,5 | 2,5 | 4,2 | NaN |
| | Aufbaustärke (mm) | 100 | 50 | 100 | NaN |
| | kf-Wert (mm/h) | 1,8 | 0,72 | 10 | NaN |
| Grünfläche | a | 0,1 | 0 | 1 | NaN |
| | g | 0,3 | 0 | 1 | NaN |
| | v | 0,6 | 0 | 1 | NaN |
| Grüne Höfe | Speicherhöhe | 1,5 | 0,6 | 3 | NaN |
| Parkplätze | Speicherhöhe | 1,5 | 0,6 | 3 | NaN |
| Straßenfläche | Speicherhöhe | 2,5 | 0,6 | 3 | NaN |
| Dachfläche | WK_max-WP (-) | 0,5 | 0,35 | 0,65 | NaN |
| | Aufbaustärke (mm) | 250 | 100 | 500 | NaN |
| | kf-Wert (mm/h) | 70 | 18 | 100 | NaN |
| bef. Grundstücksfläche | Speicherhöhe | 1,5 | 0,6 | 3 | NaN |
| unbef. Grundstücksfläche | a | 0,1 | 0 | 1 | NaN |
| | g | 0,3 | 0 | 1 | NaN |
| | v | 0,6 | 0 | 1 | NaN |
| Grünfläche Trafostation | a | 0,1 | 0 | 1 | NaN |
| | g | 0,3 | 0 | 1 | NaN |

| Name | Parameter | Wert | Min | Max | empf. Wert |
|-----------------------------|--------------------------|------|-----|-----|------------|
| | v | 0,6 | 0 | 1 | NaN |
| Pflasterfläche Trafostation | Speicherhöhe | 1,5 | 0,6 | 3 | NaN |
| Trafostation | Speicherhöhe | 2 | 0,6 | 3 | NaN |
| M-R-E | kf-Wert der Mulde (mm/h) | 21,6 | 3,6 | 36 | NaN |

Parameterwerte GD80 + Vs

| Name | Parameter | Wert | Min | Max | empf. Wert |
|--------------------------|-------------------|------|------|------|------------|
| Fußweg- und Radwege | Speicherhöhe | 1,5 | 0,6 | 3 | NaN |
| Wege in Grünfläche | Speicher (mm) | 3,5 | 2,5 | 4,2 | NaN |
| | Aufbaustärke (mm) | 100 | 50 | 100 | NaN |
| | kf-Wert (mm/h) | 1,8 | 0,72 | 10 | NaN |
| Grünfläche | a | 0,1 | 0 | 1 | NaN |
| | g | 0,3 | 0 | 1 | NaN |
| | v | 0,6 | 0 | 1 | NaN |
| Grüne Höfe | Speicherhöhe | 1,5 | 0,6 | 3 | NaN |
| Parkplätze | Speicherhöhe | 1,5 | 0,6 | 3 | NaN |
| Straßenfläche | Speicherhöhe | 2,5 | 0,6 | 3 | NaN |
| Dach (GD) | WK_max-WP (-) | 0,5 | 0,35 | 0,65 | NaN |
| | Aufbaustärke (mm) | 250 | 100 | 500 | NaN |
| | kf-Wert (mm/h) | 70 | 18 | 100 | NaN |
| bef. Grundstücksfläche | Speicherhöhe | 1,5 | 0,6 | 3 | NaN |
| unbef. Grundstücksfläche | a | 0,1 | 0 | 1 | NaN |
| | g | 0,3 | 0 | 1 | NaN |
| | v | 0,6 | 0 | 1 | NaN |
| Grünfläche Trafostation | a | 0,1 | 0 | 1 | NaN |
| | g | 0,3 | 0 | 1 | NaN |

| Name | Parameter | Wert | Min | Max | empf. Wert |
|-----------------------------|--------------------------|------|-----|-----|------------|
| | v | 0,6 | 0 | 1 | NaN |
| Pflasterfläche Trafostation | Speicherhöhe | 1,5 | 0,6 | 3 | NaN |
| Trafostation | Speicherhöhe | 2 | 0,6 | 3 | NaN |
| M-R-E | kf-Wert der Mulde (mm/h) | 21,6 | 3,6 | 36 | NaN |
| Dach (ZD) | Speicherhöhe | 0,3 | 0,1 | 0,6 | NaN |