

IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für
Wasserforschung gemeinnützige GmbH



Entwicklung innovativer Ausgestaltungsoptionen für ein ganzheitliches Wassermanagement

Handlungsfelder und Umsetzungsempfehlungen

Abschlussbericht
Angebot Nr. 10247/2020/25644

Dezember 2022

Magistrat der Stadt Bad Homburg v. d. Höhe

Bearbeitung:

IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gemeinnützige GmbH

Moritzstraße 26
45476 Mülheim an der Ruhr
www.iww-online.de

Andreas Hein (Projektleiter)
Telefon: +49 208 40303-340
a.hein@iww-online.de

Dr. Clemens Strehl
Telefon: +49 208 40303-441
c.strehl@iww-online.de

Dr. Christine Kübeck
Telefon: +49 208 40303-611
c.kuebeck@iww-online.de

Florian Zaun
Telefon: +49 208 40303-613
f.zaun@iww-online.de

Im Unterauftrag von IWW

Institut IWAR – Fachgebiet Abwassertechnik der TU Darmstadt
Franziska-Braun-Straße 7
64287 Darmstadt

Prof. Dr.-Ing. Markus Engelhart
Telefon: +49 6151 16-20300
m.engelhart@iwar.tu-darmstadt.de

Maro Atzorn, M.Eng.
Telefon: +49 6151 16-20317
m.atzorn@iwar.tu-darmstadt.de

Auftraggeber:

Stadt Bad Homburg v. d. Höhe

vertreten durch den Magistrat
Rathausplatz 1
61343 Bad Homburg v. d. Höhe
67.1 Umwelt- und Landschaftsplanung
Holger Fröhlich (Projektleiter)
Telefon: +49 6172 100 6710
Holger.Froehlich@bad-homburg.de
<https://www.bad-homburg.de>

Mitwirkung:

Stadtwerke Bad Homburg v. d. Höhe

Steinmühlstraße 26
61352 Bad Homburg v. d. Höhe
OE 6 Gewinnung und Erzeugung
Annegrit Zirkel-Biener
Telefon: +49 6151 16-20317
annegril.zirkel-biener@sw.bad-homburg.de
<https://www.stadtwerke-bad-homburg.de>

Bearbeitungszeitraum: Januar 2021 bis Dezember 2022

Zur besseren Lesbarkeit werden Berufsbezeichnungen nicht geschlechtsspezifisch unterschieden.
Es sind immer alle Geschlechter gleichberechtigt angesprochen.

[IWW\Abschlussbericht WMK-BadHomburg_230224final.docx](#)

Geschäftsführung: Dr. Josef Klinger, Lothar Schüller
Technische Leitung: Dr. David Schwesig

Sprecher Wissenschaftliches Direktorium:
Prof. Dr. Torsten C. Schmidt



Amtsgericht Duisburg HRB Nr. 14699
Sparkasse Mülheim an der Ruhr IBAN DE73 3625 0000 0300 0930 19
SWIFT BIC SPMHDE3E
Commerzbank AG Mülheim an der Ruhr IBAN DE30 3624 0045 0762 6310 00
SWIFT BIC COBADEFFXXX
Internet: www.iww-online.de

Management Summary – Zusammenfassung der Ergebnisse

Dieser Abschlussbericht dokumentiert die Gesamtergebnisse des Projekts „Entwicklung innovativer Ausgestaltungsoptionen für ein ganzheitliches Wassermanagement“. Es handelt sich hier um eine wissenschaftliche Konzeptstudie, die als Grundlage für das weitere Vorgehen und die Entscheidungsfindung für das zukünftige Wassermanagement dienen soll. Der hiermit vorliegende Abschlussbericht baut auf dem Zwischenbericht vom 31.07.2022 zur detaillierten wasserwirtschaftlichen Bestandsaufnahme auf. Die inhaltlichen Arbeiten in diesem Vorhaben wurden im Dezember 2022 abgeschlossen.

Ausgangslage

Die Stadt Bad Homburg v. d. Höhe steht wie andere Kommunen oder Wasserversorger vor neuen wasserwirtschaftlichen Herausforderungen. In der Bestandsaufnahme wurde ermittelt, dass insbesondere in den Sommermonaten ein steigendes Wasserbilanzdefizit bei sehr komplexen, teils unbekanntem Systembedingungen zu erwarten ist: Die Bilanzierung auf Basis der zur Verfügung stehenden Daten zeigt je nach Wasserbedarfsprognose ein Wasserbilanzdefizit von mind. 490.000 m³ bis 1,25 Mio. m³ pro Jahr.¹ Dies entspricht ca. 15-30 % der heutigen Trinkwasserabgabe. In dieser Prognose ist der Rückgang der Grundwasserneubildung noch nicht berücksichtigt. Nach unterschiedlichen Modellierungen (vgl. Datengrundlage G1) könnte sich die heutige Grundwasserneubildung im ungünstigsten Fall um rd. 25 % bis 2050 und um ca. 50 % bis zum Jahr 2100 verringern; eine Modellierung des Einflusses des Klimawandels als zusätzlicher Stressfaktor ist in diesem Projekt nicht erfolgt. Das Wassermanagementkonzept muss dem zukünftig zu erwartenden Wasserbilanzdefizit für die Trinkwasserversorgung entgegenwirken.

Beträchtliches, aber zu geringes Wirkpotenzial der quantifizierbaren Maßnahmen

Es besteht – insbesondere in den Sommermonaten – dringender Handlungsbedarf, um dem sich heute abzeichnenden Wassermangel mittel- und langfristig mit technischen, organisatorischen und ggf. auch verwaltungsrechtlichen Maßnahmen für eine sichere, unterbrechungsfreie und resiliente (Trink-)Wasserversorgung in Bad Homburg v. d. H. zu begegnen. Werden alle technischen und organisatorischen Maßnahmen auf der Bedarfs- und Dargebotsseite aggregiert betrachtet, ergibt sich ein beträchtliches Potenzial, die Wasserbilanz durch lokale Maßnahmen im Stadtgebiet zu stützen und somit dem erwarteten Wasserbilanzdefizit aktiv gegenzusteuern. Dabei ist zu berücksichtigen, dass i) die Maßnahmen auf sehr unterschiedli-

¹ Vgl. Datengrundlage G1.

che Zeithorizonte angelegt sind, ii) in unterschiedliche Zuständigkeiten fallen, iii) nicht zu einem Stichtag umsetzbar sind und iv) auch im Einzelnen unterschiedlich hohe Beiträge zur Entlastung des Wasserbilanzdefizits leisten werden. Hinzu kommt auch, dass a) einige Maßnahmen ohne weitere Untersuchungen in ihrer Wirksamkeit derzeit nicht quantifizierbar sind und somit nicht in die Aggregation eingehen, b) einzelne Wirksamkeitsabschätzungen nur realisiert werden können, wenn neben städtischen Einrichtungen auch Dritte entsprechend mitwirken und c) eine weitgehende Ausschöpfung des Maßnahmenpotenzials nur erfolgen kann, wenn es gelingt, das Thema „Wassersensibilität“ als städtische Handlungsmaxime in der Stadt- und Regionalentwicklung zu verankern.

Das in dieser Studie aggregierte Potenzial zur Reduktion des Wasserbilanzdefizits in Höhe von 0,503 bis 0,739 Mio. m³/a kann als grober Orientierungswert dem dokumentierten Wasserbilanzdefizit gegenübergestellt werden. Die tatsächliche Wirkung ist nur unvollständig abbildbar, weil zentrale Maßnahmen im Rahmen des Erhalts und der Erhöhung der lokalen Ressourcenverfügbarkeit weitere Untersuchungen für die Quantifizierbarkeit erfordern. Würden ALLE schätz- oder quantifizierbaren Maßnahmen SOFORT umgesetzt werden, könnte das Wasserbilanzdefizit (Basis: untere, mittlere, obere Wasserbedarfsprognose) nicht vollständig gedeckt werden. Unter Berücksichtigung der zeitlichen Vorläufe durch weiterhin erforderliche Untersuchungen, der Konzeption, Planung, Genehmigung und Umsetzung von Maßnahmen ist das hier aggregierte Wirkpotenzial über einen mittel- bis langfristigen Zeitraum ggf. auch nur in Teilen realisierbar. Die vorliegende Studie hat somit gezeigt, dass ohne eine Anpassung des Umgangs mit (Trink-)Wasser erhebliche Wassermengendefizite drohen, was in der Regel zu Versorgungsengpässen und/oder nachgelagerten Betriebsproblemen führt.

Handlungsfelder im Wassermanagement

Die Potenzialbilanzierung zeigt, dass die beschriebenen lokalen und regionalen Maßnahmen helfen, zur Lösung des erwarteten Wasserknappheitsproblems für Bad Homburg in den nächsten Jahrzehnten signifikant beizutragen. Allerdings wird auch deutlich, dass der Fremdbezug von Trinkwasser in den kommenden Jahrzehnten nach wie vor eine wichtige, ggf. auch zunehmende Rolle für die Sicherung der erforderlichen Trinkwassermengen spielen wird.

Das Projekt hatte die Aufgabe, für die Stadt Bad Homburg v. d. Höhe Ausgestaltungsoptionen für ein zukunftsfähiges Wassermanagementkonzept zu entwickeln, das unter Einbindung der beteiligten Akteure und Institutionen in ein ganzheitliches Wassermanagement überführt werden kann. Es wurden drei wesentliche Handlungsfelder als zentrale Säulen des zukünftigen Wassermanagements identifiziert, systematisiert und in konkreten Einzelmaßnahmen dargelegt (Kapitel 2 bis 3). Die Handlungsfelder lauten:

- (1) Erhalt und Erhöhung der lokalen Ressourcenverfügbarkeit,
- (2) Nutzung alternativer Ressourcen und
- (3) Senkung des Wasserbedarfs.

Diese Handlungsfelder beinhalten unterschiedliche Einzelmaßnahmen, die sich auch an verschiedene Zuständigkeiten in der Stadtverwaltung und weitere Akteure adressieren.

(1) Erhalt und Erhöhung der lokalen Ressourcenverfügbarkeit

Die einzelnen Kommunen und benachbarten Betreiber von Trinkwasserversorgungen konkurrieren aktuell um bereits heute begrenzt verfügbare Ressourcen. Durch einen steigenden Wasserbedarf und ein erwartbar sinkendes Wasserdargebot wird sich die Situation weiter verschärfen. Es wird empfohlen, auf der Dargebotsseite alle Maßnahmen zu ergreifen, die helfen, die bestehenden Wasserressourcen zu erhalten und die Grundwasserneubildung zu stützen. Hierzu sind verschiedene Maßnahmen zum Erhalt des nutzbaren Wasserdargebots, zur Erhöhung des Wasserdargebots, zur Reaktivierung von Nicht-Trinkwasserressourcen und zur zusätzlichen Wasserspeicherung dokumentiert, die für das zukünftige Wassermanagementkonzept weitere Untersuchungen in Bezug auf ihre tatsächliche Wirksamkeit, Umsetzbarkeit und Verhältnismäßigkeit auf der Rohwasserseite erfordern, aber als zentrale Handlungsbausteine zu konkretisieren sind. Beteiligt sind hier verschiedene zuständige städtische Einrichtungen und Behörden. Auch ein stärker kooperatives Vorgehen mit den benachbarten Kommunen/Städten wird hierzu empfohlen und sollte ein gelebtes Kooperationselement im zukünftigen Wassermanagement der Stadt Bad Homburg v. d. Höhe plus Nachbarn sein.

Auch der Bezug von Trink- oder Rohwasser bleibt eine wichtige Säule für die Versorgungssicherheit in Bad Homburg v. d. Höhe. Für die mittel- und langfristige Sicherstellung des Bezugs der erforderlichen, lokal jedoch insb. in Spitzenzeiten ggf. nicht mehr verfügbaren Wassermengen scheint eine regionale oder überregionale Wasserinitiative zielführend, die neben den benachbarten Städten/Kommunen auch die beteiligten regionalen Wasserverbände und vorgeschaltete Betreiber von groß-städtischen Versorgungssystemen und/oder Fernversorgungssystemen zusammenführt und regionale Querverbundlösungen verbessert oder zusätzliche ermöglicht. Denkbare Anknüpfungspunkte für Bad Homburg v. d. H. sind aus Sicht der Gutachter im Frankfurter Raum bereits vorhanden. Hier sind die Stadtwerke und die Stadt im Rahmen ihrer interkommunalen Zusammenarbeit in einer verantwortlichen Rolle zu sehen.

(2) Nutzung alternativer Ressourcen

Bezüglich des Handlungsfeldes zur Nutzung alternativer Ressourcen sollte zukünftig das Leitbild der wassersensiblen Stadtentwicklung für ein zukunftsfähiges und klimaangepasstes Wassermanagement sowohl für Neubaugebiete als auch bei Nachverdichtungen zwingend

verfolgt werden. Dabei ist es wichtig, die Nutzung von dezentral anfallenden Wasserdargeboten, z. B. von Retentionseinrichtungen in Trennsystemen, mitzudenken. Das bisherige Stadtentwicklungsparadigma ist hier noch zu stark an der konventionellen Ableitung von Niederschlagswasser orientiert, anstatt dieses Ressourcenpotenzial unter Beachtung ökologischer Aspekte z. B. als Betriebswasser zu nutzen. Daher empfiehlt es sich, nachhaltige Nutzungskonzepte für alternative Wasserdarangebote auf Quartiersebene zu entwickeln und umzusetzen. Hierbei sind verschiedene städtische Fachbereiche zu involvieren. Die Entwicklung des Gewerbegebiets Massenheimer Weg bietet sich zudem sehr gut als zukünftiges Modellprojekt an. Als weiteres Modellprojekt ist es empfehlenswert, ein Bestandsquartier in einer Transformationsstudie zu untersuchen.

(3) Senkung des Wasserbedarfs

Zur Senkung des Trinkwasserbedarfs wurden technische und organisatorische Maßnahmen erarbeitet. Zu den technischen Maßnahmen zählen insbesondere die Reduktion der nicht bilanzierten Wassermengen. Eine Teilmenge davon stellen u. a. auch Wasserverluste im Trinkwasserleitungsnetz dar. Neben den bereits laufenden Anstrengungen wird empfohlen, eine vergleichende Einordnung der realen Wasserverluste vorzunehmen und gezielt Aspekte der zustands- und risikoorientierten Instandhaltung in die eigene Instandhaltungsstrategie für das Trinkwasserverteilnetz aufzunehmen. Des Weiteren sollte der Einsatz wassersparender Einrichtungen in Haus und Garten, also in jeder Art von Gebäuden und für Bewässerungszwecke unterstützt werden. Hier kann die Stadt mit ihren Liegenschaften als „Vorbild“ vorangehen und durch öffentlichkeitswirksame Kommunikation auch Akzeptanz in anderen Sektoren schaffen.

Folgende organisatorische Maßnahmen adressieren ebenfalls die Senkung des Wasserbedarfs, sind jedoch unterschiedlich schnell realisierbar und zeigen teils nicht quantifizierbare Wirkpotenziale: Eine sehr erfolgversprechende Maßnahme ist Wassersparsamkeit im Sektor Industrie/Gewerbe. Eine Neuansiedlung wasserintensiver Gewerbebetriebe sollte nach dem Weggang der Produktionsstätten von Fresenius Kabi vermieden werden, um die gewerbliche und industrielle Wassernutzung zu begrenzen. Eine weitere Bedarfsreduktion wirkt sich unmittelbar positiv auf die Wasserbilanz aus. Ein zunehmend wichtiges Element ist eine gezielte Kommunikation zur Sensibilisierung von Öffentlichkeit und Unternehmen für den sparsamen Umgang mit Trinkwasser und dessen Nutzung, wozu in Maßnahmensteckbriefen verschiedene Einzelaktivitäten vorgeschlagen werden. Smart Metering ermöglicht durch den flächendeckenden Einsatz von Funkwasserzählern ein besseres Monitoring der Trinkwassernutzung und liefert Grundlagen für die Sensibilisierung der Öffentlichkeit.

Handlungsempfehlungen

Für eine erfolgreiche Umsetzung der Handlungsfelder ist eine gesamtstädtische Anstrengung erforderlich. In Bad Homburg v. d. Höhe sind verschiedene städtische Einheiten angesprochen, die direkt oder indirekt Einfluss auf eine oder beide Seiten der Wasserbilanz (dargebotsseitig, bedarfsseitig) nehmen können. Unabhängig davon, welcher konkreten Handlungsagenda die beteiligten Institutionen aus ihren fachlichen Aufgabenbereichen folgen, muss im zukünftigen Wassermanagementkonzept das Handeln aller verantwortlichen Institutionen und Personen immer auch die Beeinflussung des Wasserkreislaufs mitdenken. Es ist somit erforderlich, das Wassermanagement als zentrales Element neu zu denken und als zukünftig relevanten Punkt auf der politischen, gesellschaftlichen und auch städteplanerischen Entwicklungsagenda fest zu verankern.

Priorisierung von Maßnahmen nach Kostenwirksamkeit

Die vorliegende Studie hat gezeigt, dass ein Teil der Maßnahmen in den Handlungsfeldern nach dem derzeitigen Kenntnisstand nicht hinsichtlich ihrer Wirksamkeit quantifiziert werden konnten; es sind durch nachfolgende Untersuchungen weitere Kenntnisse insb. bzgl. der dargebotsseitigen Handlungsoptionen für ein präziseres Bild über die tatsächliche, sehr komplexe wasserwirtschaftliche Situation zu ermitteln. Acht quantifizierbare Maßnahmen wurden in Bezug auf ihre Wirksamkeit sowie ihre Wirtschaftlichkeit (Kriterium Kostenwirksamkeit) bewertet.

Nach dem Ergebnis der Kostenwirksamkeitsquotienten als alleiniges Bewertungskriterium ergibt sich eine Priorisierung von Einzelmaßnahmen wie folgt: 1. Maßnahme Neubau von Brunnen; 2. Maßnahmenpaket Bewässerung von Stadtgrün; 3. Maßnahme Betriebswasserbrunnen; 4. Maßnahme Nutzung wassersparender Einrichtungen (Haus, Gebäude); 5. Maßnahmenpaket Bewässerung Golfplatz; 6. Maßnahmenpaket Betriebswassernutzung Massenhäuser Weg. Diese Maßnahmen sind dezentral angesiedelt und lassen eine Reduzierung des Wasserbilanzdefizits um bis zu 280.000 m³/a nach vollständiger Umsetzung erwarten. Alternativ erscheint auch die zentrale Maßnahme zum Aufbau eines städtischen Betriebswassernetzes ein vertretbares Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis auf Basis der zugrunde liegenden Kostenschätzungen zu haben; diese sog. zentrale Variante lässt eine Entlastung der Wasserbilanz um ca. 320.000 m³/a nach vollständiger Umsetzung erwarten (Variante 2, Kapitel 4.3.2). Lediglich die Maßnahme Bewässerung Sportanlagen erscheint unattraktiv, was aufgrund des überproportionalen Investitionsbedarfs in unterirdische Speicheranlagen auch plausibel ist. Hier ist eine strategische Entscheidung erforderlich, ob die Nutzung alternativer Ressourcen durch eher dezentrale oder zentrale Maßnahmen umgesetzt werden soll.

Neben der wirtschaftlichen Bewertung sind für die Umsetzung auch qualitative und technische Rahmenbedingungen zu berücksichtigen.

Zwingend umzusetzende Maßnahmen

Aus Sicht der Gutachter gibt es – unabhängig von der Kostenwirksamkeit – zwingend erforderliche Maßnahmen, die als fester Bestandteil im zukünftigen Wassermanagement in Bad Homburg v. d. Höhe verankert werden sollten. Diese Maßnahmen sind als sog. „No-regret“-Maßnahmen in Kapitel 5.2 erläutert. Kapitel 4.3 und 5.1 beschreiben die technisch-wirtschaftliche Priorisierung der bewerteten Maßnahmen und Maßnahmenpakete.

Der Schwerpunkt des zukünftigen Handelns sollte die Rohwasserverfügbarkeit fokussieren, insb. die Stützung der Grundwasserneubildung sowie die langfristige Sicherstellung und ggf. Erweiterung des Fremdbezugs oder Schaffung resilienter Querverbünde. Hierzu sind verschiedene Maßnahmen zum Erhalt des nutzbaren Wasserdargebots sowie dessen Erhöhung beschrieben (Kapitel 3.1). Es empfiehlt sich, Gespräche mit den beteiligten örtlichen, regionalen und überregionalen Wasserversorgern aufzunehmen, um gegenseitige Nutzungskonkurrenzen einerseits zu vermeiden und die Sicherung von Fremdbezug von Wasser andererseits sicherzustellen (Kapitel 3.5).

Im Handlungsfeld Erhalt und Erhöhung der lokalen Ressourcenverfügbarkeit werden zusammen mit dem Handlungsfeld Senkung des Wasserbedarfs summarisch die größten Potenziale für die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung in Bad Homburg v. d. Höhe erwartet. Allerdings sind die Wirkpotenziale hierzu derzeit nur in Teilen quantifizierbar. Als zentrale technische Maßnahmen zur Bedarfssenkung leiten sich insb. die Reduktion der nicht bilanzierten Wassermengen ab, was auch das Thema Wartungs- und Instandhaltungsstrategie für Trinkwassernetze einschließt. Auch die Nutzung von Wasser sparenden Einrichtungen in Gebäuden und zur Bewässerung sollte stärker und aktiv unterstützt werden. Als organisatorische Maßnahmen sind verschiedene Einzelaktivitäten gelistet, die primär auf die Sensibilisierung von Bevölkerung und Unternehmen sowie deren Verhaltensänderung für einen sparsameren Umgang mit Trinkwasser einzahlen werden (Kapitel 3.3.2).

Langfristigkeit von Maßnahmen erfordert kontinuierliche Vorgehensweise

Die Vorlaufzeiten (z. B. Zeiträume der evtl. Pilotierung, Planungs-, Genehmigungs-/Bauphase bis zur Inbetriebnahme) sind für die Umsetzung zu berücksichtigen, so dass eine Maßnahme ihre Wirksamkeit erst nach einigen Jahren entfalten kann. Diese Wirkverzögerung ist frühzeitig zu antizipieren, um in den kommenden Dekaden auch Erfolg bei der Umsetzung insb. der wasserwirtschaftlichen Maßnahmen auf der Dargebotsseite zu ermöglichen. Eine grobe, stark

annahmenbasierte Visualisierung der quantifizierten Maßnahmen zeigt, dass über den Zeitraum der Wasserbedarfsprognose (mittleres Szenario bis 2030) weitere Anstrengungen erforderlich werden, um das verbleibende Wasserbilanzdefizit auszugleichen. Dies spricht für eine möglichst zeitnahe Aufnahme von Aktivitäten in jedem einzelnen Handlungsfeld.

Das Instrument des bisherigen sog. „Wassergipfels“, an dem alle städtischen Einrichtungen mit Bezug zum lokalen Wasserkreislauf in passiver Rolle teilgenommen haben, hat aus Sicht der Gutachter das Potenzial, eine koordinierende Instanz für die dauerhafte und kontinuierliche Umsetzung von Maßnahmen aus dem Wassermanagementkonzept zu schaffen. Über einen regelmäßigen Austausch und die Bildung von Arbeitsgruppen könnte so für Bad Homburg ein hohes „Umsetzungsmoment“ für wasserwirtschaftliche Maßnahmen erreicht werden. Hier gilt es, in einer gemeinsamen Kraftanstrengung aller beteiligten Stakeholder für die Zukunft anzuknüpfen. Der auf dem Maßnahmen-Workshop mit Stakeholderbeteiligung initiierte Leitgedanke „Bad Homburg wird wassersensibel“ sollte als kollaborativer Ausgangspunkt für zukünftige Wassergipfel in ggf. abgewandelter Form fortgesetzt werden.

Die Berichtsversion als pdf ist nicht unterschrieben. Bitte vergleichen Sie im Zweifelsfall das unterschriebene Original.

IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung
gemeinnützige GmbH
Mülheim an der Ruhr, den 24.02.2023

i.V.

i.A.

L. Schüller

A. Hein

Prof. Dr. M. Engelhart

Inhaltsverzeichnis

1	Hintergrund, Ausgangslage und Vorgehensweise	1
1.1	Projekthalt und Aufgaben.....	1
1.2	Bestandsaufnahme als Ausgangssituation	2
1.3	Begriffsbestimmungen.....	2
1.4	Datengrundlage.....	6
1.5	Methodik der Variantenbewertung und Systematik der Maßnahmenpakete	7
2	Handlungsfelder für das zukünftige Wassermanagement.....	9
2.1	Wasserbilanzdefizit als Ausgangspunkt.....	9
2.2	Handlungsfelder für das zukünftige Wassermanagement in Bad Homburg	10
2.3	Beteiligung relevanter städtischer Fachbereiche und Stakeholder.....	11
3	Handlungsfelder und ihre Maßnahmen im Einzelnen.....	13
3.1	Handlungsfeld Erhalt und Erhöhung der lokalen Ressourcenverfügbarkeit.....	13
3.1.1	Erhalt des nutzbaren Wasserdargebots.....	15
3.1.1.1	Steckbrief: Waldumbau	17
3.1.1.2	Steckbrief: Abflussminderung	19
3.1.1.3	Steckbrief: Versickerung.....	21
3.1.2	Erhöhung des Wasserdargebots	22
3.1.2.1	Steckbrief: Neubau von Brunnen.....	23
3.1.2.2	Steckbrief: Erhöhung der Entnahmemengen in den Stollen.....	25
3.1.3	Reaktivierung von Nicht-Trinkwasserressourcen	25
3.1.3.1	Steckbrief: Betriebswasserbrunnen	27
3.1.4	Zusätzliche Wasserspeicherung.....	28
3.1.4.1	Steckbrief: Speicherteiche.....	29
3.1.5	Untersuchungsprogramm zum Wasserdargebot.....	30
3.2	Handlungsfeld Nutzung alternativer Ressourcen	31
3.2.1	Nutzung von Betriebswasser	32
3.2.1.1	Steckbrief: Bewässerung Stadtgrün.....	33
3.2.1.2	Steckbrief: Bewässerung Golfplatz	34

3.2.1.3	Steckbrief: Bewässerung Sportanlagen	35
3.2.1.4	Steckbrief: Bewässerung Landwirtschaft	36
3.2.1.5	Steckbrief: Betriebswassernutzung Massenheimer Weg	37
3.2.1.6	Steckbrief: Betriebswassernutzung städtische Liegenschaften.....	38
3.2.2	Nutzung alternativer Ressourcen.....	39
3.2.2.1	Steckbrief: Nutzung Spülwasser TW-Aufbereitung	40
3.2.2.2	Steckbrief: Nutzung Regenwasser Stadtentwässerung	41
3.2.2.3	Steckbrief: Nutzung Klarwasser Ablauf Kläranlage	42
3.2.2.4	Steckbrief: Nutzung Regenwasser Privatgrundstücke	43
3.2.2.5	Steckbrief: Nutzung von Grau- oder Regenwasser	44
3.2.2.6	Steckbrief: Weitere Untersuchungen in Modellquartieren	45
3.2.3	Kombination von Maßnahmen in Maßnahmenpaketen (MP)	45
3.2.3.1	MP1: Bewässerung Stadtgrün	45
3.2.3.2	MP2: Bewässerung Golfplatz	47
3.2.3.3	MP3: Bewässerung Sportanlagen	50
3.2.3.4	MP4: Betriebswassernutzung Massenheimer Weg.....	56
3.2.3.5	MP5: Betriebswassernutzung städtische Gebäude.....	59
3.2.3.6	MP6: Städtisches Betriebswassernetz.....	60
3.3	Handlungsfeld Bedarfssenkung.....	63
3.3.1	Technische Maßnahmen	63
3.3.1.1	Steckbrief: Analyse nicht bilanzierter Wassermengen	64
3.3.1.2	Steckbrief: Nutzung wassersparender Technik/Einrichtungen (Haus).....	65
3.3.1.3	Steckbrief: Nutzung wassersparender Technik/Einrichtungen (Garten)	66
3.3.2	Organisatorische Maßnahmen	67
3.3.2.1	Steckbrief: Sensibilisierung der Öffentlichkeit	68
3.3.2.2	Steckbrief: Etablierung Wasserfußabdruck als Kommunikationsinstrument.....	69
3.3.2.3	Steckbrief: Ansiedlung wasserarmer Industrien/Gewerbe.....	70
3.3.2.4	Steckbrief: Optimierte Wasserampel	71
3.3.2.5	Steckbrief: Nutzungseinschränkungen (Trinkwassernotstand).....	72

3.4	Potenzial der Maßnahmen und Maßnahmenpakete zur Reduktion des Wasserbilanzdefizits.....	73
3.5	Fremdwasserbezug.....	76
4	Wirtschaftliche Bewertung der Maßnahmenpakete.....	78
4.1	Methodischer Rahmen und Prozessschritte der Bewertung.....	78
4.2	Methodik zur Kostenwirksamkeitsanalyse	78
4.2.1	Logik einer Kostenwirksamkeitsbewertung.....	78
4.2.2	Kostenbewertung	79
4.2.3	Wirksamkeitsbewertung	84
4.2.4	Zusammenfassung zur ökonomischen Bewertungsmethodik	85
4.3	Kostenwirksamkeit der Ausgestaltungsvarianten.....	87
4.3.1	Kostenwirksamkeit von Einzelmaßnahmen	87
4.3.2	Kostenwirksamkeit von Lösungsvarianten.....	91
4.3.3	Zusammenfassung.....	93
5	Vorüberlegungen zur Umsetzung der Handlungsfelder	95
5.1	Maßnahmen priorisiert nach Kostenwirksamkeit.....	96
5.2	Zwingend erforderliche Maßnahmen	97
5.3	Zeitliche Visualisierung des Wirkpotenzials quantifizierter Maßnahmen	100
6	Empfehlungen für das zukünftige Wassermanagementkonzept für Bad Homburg v. d. Höhe	104
7	Literatur	108
8	Anhang.....	112

1 Hintergrund, Ausgangslage und Vorgehensweise

Für die Stadt Bad Homburg v. d. Höhe besteht die Notwendigkeit, ein nachhaltigeres Wassermanagement zu etablieren. Seit mehreren Jahren haben in der Stadtverwaltung und darüber hinaus bereits Diskussionen und Workshops (u. a. ein sog. Wassergipfel) zum Thema stattgefunden. Auf Basis der daraus gewonnenen Erkenntnisse wurden einige akute Anpassungsmaßnahmen bereits ermittelt und teils kurzfristig umgesetzt. Eine einheitliche Datengrundlage für ein wasserwirtschaftliches Gesamtkonzept liegt bisher jedoch nicht vor. In den Trockenjahren 2018 bis 2020 sind bereits erste Nutzungskonflikte und Engpässe bei der Wasserverfügbarkeit aufgetreten, die ein koordiniertes Vorgehen und die Entwicklung eines ganzheitlichen Wassermanagementkonzepts erforderlich machen. Eine Zuspitzung der Situation, wie sie zwischen 2018 bis 2020 aufgetreten ist, wird insbesondere im Zuge des Klimawandels, aber auch hinsichtlich der städtischen Entwicklung erwartet.

Im Vorfeld dieses Berichts erfolgte eine umfangreiche Bestandsaufnahme (Arbeitspaket AP1) der wasserwirtschaftlichen Situation in Bad Homburg v. d. Höhe (Datengrundlage G1, Zusammenfassung im Anhang). Der Status quo wurde erarbeitet auf Basis des erteilten Arbeitsauftrags für die Entwicklung eines klimaangepassten, robusten und nachhaltigen Wassermanagementkonzepts für die Stadt Bad Homburg v. d. H. Im Unterauftrag von IWW wird das I-WAR für bestimmte Arbeitspakete als Partner einbezogen.

1.1 Projektinhalt und Aufgaben

Die Sicherstellung einer nachhaltigen Ver- und Entsorgung der Stadt Bad Homburg v. d. H. mit Wasser und Abwasser liegt im Zuständigkeitsbereich des Magistrats der Stadt, der Stadtwerke Bad Homburg v. d. H. sowie weiterer wassernutzender Einrichtungen. Betroffen sind die Gewinnung und der Umgang mit Trinkwasser, Betriebswasser, Löschwasser und Niederschlagswasser für verschiedene Nutzungen. Neue Lösungen im Vergleich zum Status Quo sollen wissenschaftlich entwickelt, bewertet und zur Entscheidungsvorbereitung aufbereitet werden. Die erwarteten Ergebnisse werden auf Basis erweiterter Methodenkombinationen interdisziplinär erarbeitet und sind nicht vorbestimmt.

IWW hat für interdisziplinäre Fragestellungen die Methodik der technisch-wirtschaftlichen Variantenbewertung entwickelt. Diese ist auf die spezifischen Voraussetzungen in Bad Homburg v. d. H. zu übertragen und methodisch zu erweitern. In Absprache mit dem Mittelgeber und

gemäß den Ergebnissen des o. g. Wassergipfels erfolgt die Bearbeitung in folgenden Entwicklungsschritten:

- AP1: Bestandsaufnahme: wasserwirtschaftliche/technische Status-quo-Analyse;
- AP2: Wasserwirtschaftliche/Technische Entwicklung von Varianten
- AP3: Ökonomische Bewertung
- AP4: Ergebnisdokumentation
- PM: Projektkoordination und -management

Mit dem hiermit vorliegenden Abschlussbericht erfolgt die Dokumentation der in AP2 und AP3 erarbeiteten Maßnahmenpakete und ihrer wasserfachlichen und wirtschaftlichen Einordnung. Dieser Abschlussbericht stellt somit die vollständige Ergebnisdokumentation (AP4) dar und beinhaltet zukünftige Handlungsfelder und Umsetzungsempfehlungen.

Das Projekt soll im ersten Quartal 2023 mit einer Abschlussveranstaltung unter Einbindung aller beteiligten Institutionen abgeschlossen werden.

1.2 Bestandsaufnahme als Ausgangssituation

Die Ergebnisse zum Status quo wurden im Zwischenbericht vom 31. Juli 2022 dokumentiert und stellen den Ausgangspunkt für die in diesem Abschlussbericht erarbeiteten Maßnahmen und Empfehlungen dar. Die Kernaussagen zum Status quo können für den „schnellen“ Leser in der Management Summary des o. g. Berichts entnommen werden. Detailergebnisse zur Wasserbilanz, den Einflussfaktoren auf das Dargebot sowie Potenziale alternativer Wassernutzungen ausgewählter Quartiere in Bad Homburg v. d. Höhe sind in den einzelnen Abschnitten dargestellt.

1.3 Begriffsbestimmungen

Zum einheitlichen Verständnis werden in diesem Bericht Fachtermini genutzt, die ein einheitliches Verständnis erfordern. Folgende Begriffsbestimmungen liegen hier zugrunde:

Begriff	Erläuterung/Definition
Betriebswasser	Für verschiedene private, gewerbliche, industrielle oder landwirtschaftliche Verwendungszwecke eingesetztes Wasser, welches keine Trinkwasserqualität aufweisen muss. Synonyme für Betriebswasser sind Nutzwasser oder – technisch unscharf – Brauchwasser.

Begriff	Erläuterung/Definition
Handlungsfeld	Ein Handlungsfeld ist ein strategischer Aktionsbereich, innerhalb dessen entsprechende Maßnahmen im Rahmen des Wassermanagementkonzepts umgesetzt werden können.
Klarwasser	Aufbereitetes kommunales Abwasser. ²
Kostenwirksamkeit	<p>Die Kostenwirksamkeitsanalyse (KWA) ist ein Instrument zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit von Projekten, deren Kosten zwar ermittelt werden können, deren Nutzen zwar quantifiziert, aber nicht oder nur unscharf monetär gemessen werden kann.</p> <p>Die Kosten jeder Maßnahme werden dazu durch die Wirksamkeit dividiert. Der resultierende Kostenwirksamkeitsquotient (KWQ) gibt somit die Kosten an, welche pro Wirksamkeitseinheit anfallen. Übertragen auf das vorliegende Projekt sind dies somit die Kosten in Euro pro Kubikmeter Wasser und Jahr.</p> <p>Mit dem Vergleich der KWQ's unterschiedlicher Maßnahmen zeigt sich also, welche Maßnahmen möglichst sparsam neues Wasser generieren.</p> <p>Als Entscheidungsregel gilt, dass jene Maßnahme zu bevorzugen ist, welche den kleinsten Kosten-Wirksamkeitsquotienten aufweist.</p>
Maßnahmen	<p>Als Maßnahme wird eine Einzelmaßnahme als Baustein innerhalb des Wassermanagementkonzepts verstanden, die einen positiven Beitrag leistet. Jede Maßnahme ist in einem Steckbrief beschrieben.</p> <p>Maßnahmen sind in technische und organisatorische Maßnahmen zu unterscheiden. <i>Technische Maßnahmen</i> beinhalten die Veränderung von wasserwirtschaftlichen Systemen und/oder Infrastrukturkomponenten; <i>organisatorische Maßnahmen</i> sind primär bezogen auf die Handlungen der Beteiligten im Sinne der Schaffung von geeigneten Rahmenbedingungen, in der Kommunikation oder bei Prozessabläufen.</p> <p>Maßnahmen sind auch in Bezug auf ihre Wirkung auf die lokale Wasserbilanz systematisiert: <i>Dargebotsseitige Maßnahmen</i> sind der Stützung des Wasserdargebots zugeordnet. <i>Bedarfsseitige Maßnahmen</i> adressieren die Wassernutzer von Trinkwasser.</p>
Maßnahmenpakete	Der Begriff Maßnahmenpaket wird verwendet, wenn Maßnahmen nur in Kombination mit dargebots- und bedarfsseitigen Einzelmaßnahmen wirksam umgesetzt werden können.
MBR	Membranbioreaktor

² DIN 19650

Begriff	Erläuterung/Definition
Rohwasser	Wasser, das mit einer Wassergewinnungsanlage den Wasserressourcen entnommen und unmittelbar zu Trinkwasser aufbereitet oder ohne Aufbereitung als Trinkwasser verteilt werden soll.
Spülwasser	Für die Filterspülung in Trinkwasseraufbereitungsanlagen (TW-ABA) eingesetztes Wasser. Nach der Spülung liegt dieses als Schlammwasser vor und wird örtlich aufbereitet und/oder abgeleitet.
Variante	Eine Variante stellt eine Lösungsalternative durch Aggregation und/oder Kombination unterschiedlicher Handlungsfelder mit ihren Maßnahmenpaketen oder Maßnahmen dar. Sie wird im Rahmen der Kostenwirksamkeitsanalyse ökonomisch bewertet.
Wasserbedarf	Innerhalb einer bestimmten Zeitspanne benötigte Wassermenge (Planwert) unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse und Einflüsse. ¹
Wasserdargebot	Wassermenge eines Wasservorkommens, die innerhalb einer bestimmten Zeitspanne für eine Nutzung zur Verfügung steht. ³ Das nutzbare Wasserdargebot wird als der Teil des über technische Mittel gewinnbaren Dargebots definiert, der für die Wasserversorgung unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen genutzt werden kann. ⁴
Wasserdargebot, alternativ	Wasserdargebot oder -ressource, welche nicht aus den klassischerweise zur Trinkwassergewinnung genutzten Wasservorkommen (Rohwasser, Wasserressourcen) gewonnen wird, sondern aus alternativen Quellen, z. B. Regen- oder Abwasser.
Wassermanagementkonzept	Konzept zur Sicherung der Wasserversorgung mit regelmäßiger Anpassung an sich ändernde Rahmenbedingungen (Bevölkerung, Klimawandel etc.). Übersicht über den Stand der öffentlichen und nicht-öffentlichen Wasserversorgung zum Zeitpunkt der Erstellung und im Vorblick, inklusive der erforderlichen Maßnahmen und der Bewertung zur Beherrschung von Änderungen.
Wassernutzer	Bevölkerungsgruppe oder Unternehmen, die unterschiedliche Wasserdarangebote (Wasserressourcen) für den persönlichen oder kommerziellen Bedarf in Anspruch nehmen.
Wirksamkeit	Als Wirksamkeit ist im vorliegenden Projektbericht jeder durch Maßnahmen generierte zusätzliche Kubikmeter

³ Baur et al. (2019)

⁴ DIN 4049-3

Begriff	Erläuterung/Definition
	Wasser pro Jahr gemeint. Das umfasst auch mit Betriebswasser substituierte Trinkwassermengen.
Grauwasser	Teilstrom des häuslichen Abwassers aus Handwaschbecken, Duschen oder Badewannen (leicht verschmutzt) sowie Waschmaschinen und Küchen (stark verschmutzt). ⁵
Niederschlagswasser	Regenwasser, welches von bebauten oder befestigten Flächen abfließt und von Entwässerungseinrichtungen gesammelt wird. ⁶
Weitergehende Abwasserbehandlung	Verfahren der Abwasserbehandlung, die den heute üblichen Verfahren der mechanischen, biologischen und chemischen Abwasserreinigung nachgeschaltet sind.
Pulveraktivkohle (PAK)	Kohlenstoffhaltiges Material, welches über einen Karbonisierungs- und Aktivierungsprozess hergestellt (Aktivkohle) und zu Pulver zermahlen als Adsorptionsmittel in der Abwasserbehandlung eingesetzt wird. ⁷
Membran-Bioreaktor (MBR)	Kombination einer biologischen Aufbereitungsstufe in der Abwasserreinigung mit dem Einsatz einer integrierten Membranfiltration zur Abtrennung von Belebtschlamm und anderen Partikeln.
Multi-Barrieren-System	Mehrere hintereinander angeordnete Aufbereitungsstufen zur Entfernung der gleichen Stoffklassen, um eine größtmögliche Sicherheit zu erreichen.
Trinkwasser	Wasser, das im ursprünglichen Zustand oder nach Aufbereitung zum Trinken, zum Kochen, zur Zubereitung von Speisen und Getränken, zur Körperpflege und -reinigung, zur Reinigung von Gegenständen, die bestimmungsgemäß mit Lebensmitteln in Berührung kommen oder zur Reinigung von Gegenständen, die bestimmungsgemäß nicht nur vorübergehend mit dem menschlichen Körper in Kontakt kommen, bestimmt ist. Außerdem alles Wasser, das in einem Lebensmittelbetrieb verwendet wird für die Herstellung, die Behandlung, die Konservierung oder das Inverkehrbringen von Erzeugnissen oder Substanzen, die für den menschlichen Gebrauch bestimmt sind. Trinkwasser muss den Anforderungen der Trinkwasserverordnung entsprechen.
uGOK	Unter Geländeoberkante.
Fremdwasserbezug	Wassermengen, die ein (Wasserversorgungs-) Unternehmen gegen Entgelt von einem Vorlieferanten bezieht.

⁵ DWA-M 277

⁶ WHG (2021)

⁷ DWA-M 285-2

1.4 Datengrundlage

Tabelle 1-1: Datengrundlage unveröffentlichte Berichte und Gutachten

Zitat	Bericht / Gutachten	Gutachter	Jahr
G 1	Entwicklung innovativer Ausgestaltungsoptionen für ein ganzheitliches Wassermanagement – Stadt Bad Homburg v. d. Höhe – Zwischenbericht zur Bestandsaufnahme	IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung und Institut IWAR TU Darmstadt	2022
G 2	Konzept zur Verbesserung der Beregnungswasserversorgung der Golfanlage Röderwiesen Royal Homburger Golf Club 1899 e.V.	IBK Sportlandschaften GmbH	2019
G 3	Bebauungsplanverfahren Nr. 113 GG Massenheimer Weg – Wasserwirtschaftliches Konzept	Dr.-Ing. F. Schmidt-Bregas Ingenieurgesellschaft	2020
G 4	Membranbelebungsanlage auf der Kläranlage Bad Homburg vor der Höhe / Ober-Eschbach – Abschlussbericht	Institut IWAR TU Darmstadt	2021

Tabelle 1-2: Datengrundlage u. a. Kartendarstellungen

Zitat	Open Source Daten	Quelle	Stand
Kartengrunddaten			
O 1	ATKIS Basisdaten Oberflächengewässer, Gebäude, Straßen etc.	WMS Kartendienst www.geoport.hessen.de , Kartendarstellung und Präsentationsgraphiken: © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie	2021
Fachthemen			
O 2	Übersichtskarte Regenwasser-Einzugsgebiete	Stadtentwässerung Bad Homburg	2017

1.5 Methodik der Variantenbewertung und Systematik der Maßnahmenpakete

Grundlage der Variantenbewertung ist die Ermittlung der Ausgangslage im Untersuchungsraum. Dies erfolgte in der Bestandsaufnahme und wurde im Zwischenbericht zur Bestandsaufnahme vom 31.07.2022 dokumentiert. Die Bestandsaufnahme hat gezeigt, dass für die Stadt Bad Homburg v. d. Höhe dringender Handlungsbedarf besteht, um dem sich bereits heute über die Wasserampel ankündigenden, mittel- und langfristigen Wasserbilanzdefizit mit technischen, organisatorischen und ggf. auch verwaltungsrechtlichen Maßnahmen für eine sichere, unterbrechungsfreie und resiliente Trinkwasserversorgung in Bad Homburg v. d. Höhe zu begegnen.

Hierbei gilt es, die „richtige“ Priorisierung von Maßnahmen und Maßnahmenpaketen zu finden. Die Bewertung von verschiedenen Maßnahmen und Maßnahmenpaketen aus den sich ergebenden Handlungsfeldern werden zusammengeführt in Varianten, die aus einer Kombination technischer und organisatorischer Maßnahmen und/oder Maßnahmenpakete bestehen. Alle quantifizierbaren Maßnahmen werden im Nachgang aus der wirtschaftlichen Perspektive bewertet. Die ökonomische Bewertung zum Vergleich und zur Priorisierung erfolgte für das vorliegende Gutachten über sog. Kostenwirksamkeitsquotienten (Kapitel 4.2).

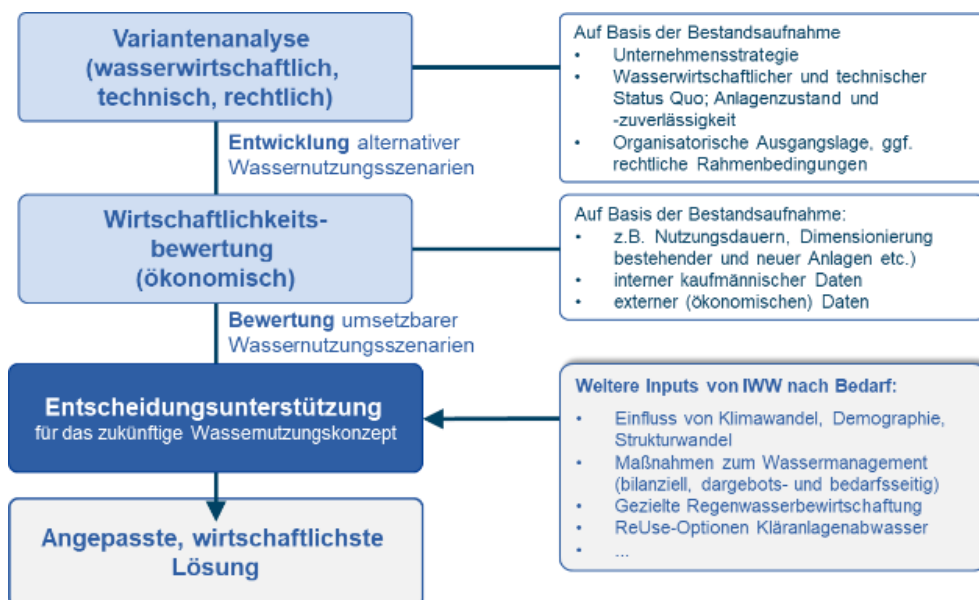


Abbildung 1 Zweistufige Vorgehensweise in der Variantenbewertung

Für die Handlungsfelder zur Nutzung alternativer Wasserdargebote (Kapitel 3.2) ergibt sich die Besonderheit, dass eine technische Umsetzung immer aus zwei Bausteinen bestehen

muss, um in Bezug auf die Stützung der Trinkwasserversorgung wirksam zu werden. Es bedarf immer jeweils einer Maßnahme auf der Dargebots- sowie der Bedarfsseite. Eine solche vollständig wirksame Kombination zur Nutzung alternativer Ressourcen wird im Folgenden als Maßnahmenpaket bezeichnet. Dabei bestimmt die mögliche Trinkwassereinsparung der bedarfsseitigen Maßnahme die Nutzung und Wirksamkeit des Maßnahmenpakets, wohingegen die dargebotsseitige Maßnahme die Verfügbarkeit der alternativ genutzten Wasserressource darstellt. Auf diese Weise sind die einzelnen Maßnahmensteckbriefe nach dem Baukastenprinzip kombinierbar (vgl. Abbildung 2).



Abbildung 2: Systematik der Maßnahmenpakete zur Nutzung alternativer Wasserdargebote

2 Handlungsfelder für das zukünftige Wassermanagement

Im Rahmen der Maßnahmenentwicklung wurden zentrale Handlungsfelder erarbeitet, die in Kapitel 3 aggregiert zusammengefasst sind. In Kapitel 4 werden die Einzelmaßnahmen und Maßnahmenpaketen dargestellt und fachlich eingeordnet sowie wirtschaftlich bewertet.

2.1 Wasserbilanzdefizit als Ausgangspunkt

Das Wassermanagementkonzept muss dem zukünftig zu erwartenden Wasserbilanzdefizit für die Trinkwasserversorgung entgegenwirken. Die Bilanzierung auf Basis der zur Verfügung stehenden Daten zeigt je nach Wasserbedarfsprognose ein Wasserbilanzdefizit von mind. 490.000 m³ bis 1,25 Mio. m³ pro Jahr.⁸ In dieser Prognose ist der Rückgang der Grundwasserneubildung noch nicht berücksichtigt. Nach unterschiedlichen Modellierungen (vgl. G1) könnte sich die heutige Grundwasserneubildung im ungünstigsten Fall um rd. 25 % bis 2050 und um ca. 50 % bis zum Jahr 2100 verringern; eine Modellierung des Klimawandels als zusätzlicher Einfluss- und Stressfaktor ist in diesem Projekt nicht erfolgt.

Bereits heute reichen wasserrechtlich bewilligte Entnahmemengen nicht, den Wasserbedarf zu decken, was bisher durch Fremdbezug kompensiert werden kann. Insbesondere in den Sommermonaten ist eine Unterstützung auf der Dargebots- und Bedarfsseite notwendig. Aktuell besteht ein Defizit in einer Größenordnung von ca. 15 bis 30 % der heutigen Trinkwasserabgabe für Trockenjahre bis 2030. Die heutige Situation wird unter Berücksichtigung des Klimawandels nicht einfacher, sondern kann sich noch deutlich verschlechtern, wenn klimawandelbasierte Änderungen bei der Grundwasserneubildung mitberücksichtigt werden. Es besteht dringender Handlungsbedarf, um dem heute schon erkennbaren Wassermangel mittel- und langfristig mit technischen, organisatorischen und ggf. auch verwaltungsrechtlichen Maßnahmen für eine sichere, unterbrechungsfreie und resiliente (Trink-)Wasserversorgung in Bad Homburg v. d. H. zu begegnen.

⁸ Vgl. Datengrundlage G1.

2.2 Handlungsfelder für das zukünftige Wassermanagement in Bad Homburg

Aus Sicht der Gutachter besteht dringender Handlungsbedarf, um die Trinkwasserversorgung in Bad Homburg für die nächsten Jahrzehnte sicher aufzustellen. Die Untersuchung hat gezeigt, dass es nicht „die eine“ Maßnahme gibt, sondern zur Zielerreichung verschiedene Maßnahmen erforderlich werden. Selbst langfristig angelegte Maßnahmen müssen frühzeitig angegangen werden. Dazu wird empfohlen, einem ganzheitlich orientierten Ansatz für das zukünftige Wassermanagementkonzept zu folgen, der auf der Seite des Wasserdargebots UND ZUGLEICH die Seite der Wassernutzer adressiert. In Bezug auf den Wassernutzer spielt somit auch die Substitution von Trinkwasser (Nutzung alternativer Ressourcen) für Nicht-Trinkwasserzwecke sowie die Einsparung von Trinkwasser (Bedarfssenkung) eine besondere Rolle.

Werden diese Aspekte kombiniert betrachtet, lassen sich für das untersuchte Gebiet drei zentrale Handlungsfelder ableiten:

- Erhalt und Erhöhung der lokalen Ressourcenverfügbarkeit
- Trinkwassersubstitution durch Nutzung alternativer Ressourcen
- Bedarfsreduktion von Trinkwasser

Hinter diesen Handlungsfeldern stehen sowohl technische als auch organisatorische Einzelmaßnahmen und/oder Maßnahmenpakete. Das Handlungsfeld „Erhalt und Erhöhung der lokalen Ressourcenverfügbarkeit“ adressiert die Dargebotsseite der Wasserbilanz (Wasserdargebot, Rohwasserverfügbarkeit) mit dem Ziel, lokal mehr Rohwasser für Trinkwasserzwecke verfügbar zu machen. Das Handlungsfeld „Bedarfsreduktion von Trinkwasser“ adressiert die Nutzerseite (Wasserbedarf, Wassernutzung) mit dem Ziel, dass Trinkwasser eingespart wird. Ein zentrales Element der Trinkwassereinsparung ist die Substitution von Trinkwasser durch die „Nutzung alternativer Wasserressourcen“ als intermediäres Handlungsfeld, das sowohl dargebots- als auch bedarfsseitige Elemente beinhaltet. Der bereits heute bestehende Fremdbezug von Trinkwasser über den Wasserverband Taunus bleibt zukünftig ein zentrales Element für die Sicherstellung der benötigten Trinkwassermengen in Bad Homburg für die kommenden Jahrzehnte.



Abbildung 3 Wasserwirtschaftliche Handlungsfelder Bad Homburg v. d. Höhe

Für die Umsetzung der o. g. Handlungsfelder ist es erforderlich, fachbereichsübergreifend alle beteiligten Organisationseinheiten entsprechend einzubeziehen. Im ersten Schritt konnte im Rahmen der Entwicklung von Ausgestaltungsoptionen Transparenz über die wasserwirtschaftliche Ausgangslage geschaffen werden; zugleich erfolgte im Rahmen dieses Projekts eine Sensibilisierung der beteiligten Stakeholder mit dem Ziel, zukünftig gemeinsam diese Handlungsstränge langfristig zu verfolgen und gemeinsam kooperativ auszugestalten.

2.3 Beteiligung relevanter städtischer Fachbereiche und Stakeholder

Im Rahmen der Maßnahmenentwicklung wurden die Stakeholder im Rahmen eines kollaborativen Maßnahmenworkshops aktiv beteiligt und fachlich eingebunden. Es entstand eine konstruktive Diskussion um Chancen und Risiken der Trinkwasserversorgung und der Wassernutzung in Bad Homburg aus sehr unterschiedlichen Perspektiven.

Die inhaltliche Vorbereitung möglicher Maßnahmen erfolgte durch das Projektteam IWW-I-WAR und wurde auf Basis von Kurzsteckbriefen durch das aktive Einbringen der verantwortli-

chen Beteiligten der Stadt Bad Homburg im Format von World-Cafés diskutiert. In Gruppenarbeiten wurden verschiedene Maßnahmen bestätigt, angepasst, verortet, konkretisiert oder verworfen. Die Themenfelder waren hier „Wasserdargebot stützen“, „Nutzung alternativer Ressourcen“ sowie „Wasserbedarf senken“.



Abbildung 4 Impressionen aus dem Maßnahmenworkshop am 25.08.2022 in den Räumlichkeiten der Stadtwerke Bad Homburg v. d. Höhe

Die außerordentlich positive Atmosphäre und Rückkopplung der Beteiligten zu diesem Workshop zeigt ein großes Potenzial, diesen Startpunkt als ressortübergreifende „Wasser-Arbeitsgruppe“ etablieren zu können. Ggf. lässt sich das Format des sog. „Wassergipfels“ in ein moderiertes Fachgespräch in regelmäßigen Abständen überführen.

Es hat sich ein Leitgedanke „Bad Homburg wird wassersensibel“ entwickelt. Dieser sollte zukünftig auf alle Handlungsfelder wirken und als Handlungsmaxime für zukünftige Entscheidungen maßgebend werden. Der Leitgedanke adressiert unterschiedliche städtische Einrichtungen, Entscheidungsträger und Zuständigkeiten. Diese sind als Stakeholder weiterhin kontinuierlich einzubinden, um das ganzheitliche Wassermanagementkonzept in den nächsten Jahrzehnten kooperativ umzusetzen zu können.

3 Handlungsfelder und ihre Maßnahmen im Einzelnen

3.1 Handlungsfeld Erhalt und Erhöhung der lokalen Ressourcenverfügbarkeit

Das Handlungsfeld „Erhalt und Erhöhung der lokalen Ressourcenverfügbarkeit“ adressiert die Dargebotsseite der Wasserbilanz (Wasserdargebot, Rohwasserverfügbarkeit) mit dem Ziel, lokal mehr Rohwasser für Trinkwasserzwecke verfügbar zu machen. Eine wesentliche Ausgangsgröße für ein ganzheitliches Wasserversorgungskonzept (Trink- und Betriebswasser) der Stadt Bad Homburg vor der Höhe bildet das nutzbare Wasserdargebot im Gemeindegebiet. Das nutzbare Wasserdargebot wird als der Teil des über technische Mittel gewinnbaren Dargebots definiert, der für die Wasserversorgung unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen genutzt werden kann (DIN 4049-3). Neben Nutzungsinteressen anderer Akteure wie dem Naturschutz, dem Forst oder der Landwirtschaft treten hierbei auch wirtschaftlich-ökonomische Rahmenbedingungen der Wassergewinnung selbst in den Vordergrund. So gehen der Aufwand für die Erschließung und Förderung sowie die anschließende technische Aufbereitung als wichtige Faktoren in die Betrachtung ein.

Die Gewinnung des Trinkwassers erfolgt derzeit zu über 80 % aus Ressourcen innerhalb des Gemeindegebietes Bad Homburgs durch die Stadtwerke Bad Homburg. Insgesamt 18 % der Trinkwasserversorgung erfolgt derzeit über Fremdwasserbezug. Daneben werden in geringem Umfang weitere Wasserressourcen wie Filterspülwasser aus der Trinkwasseraufbereitung (indirekt über die Einleitung in Oberflächengewässer) und gespeichertes Oberflächenwasser aus Speicherteichen für die Beregnung im privaten Raum (z. B. Golfplatz), bisher nicht im städtischen Raum, eingesetzt.

Etwa drei Viertel des im Gemeindegebiet produzierten Trinkwassers wird im nordwestlich gelegenen Hohen Taunus über vier Stollen aus dem Festgesteinsgrundwasserleiter gewonnen. Über die zwischen 940 m und 1970 m langen, horizontal verlaufenden Stollen wird ein Grundwasser mit sehr hoher Qualität gefördert. Lediglich ein kleiner Teil der Wassergewinnung erfolgt über fünf Tiefbrunnen im Vordertaunus mit einer Ausbautiefe zwischen 63 m uGOK und 137 m uGOK. Neben dem relativ höheren Aufwand für die Förderung zeigt sich in den Brunnen eine ungünstigere Rohwasserqualität und damit aufwendigere technische Aufbereitung. Das Wasserrecht wird in den Stollen am Hohen Taunus derzeit (2021) bereits zu über 90 % ausgeschöpft. Im Taunusvorland liegt die Nutzung des Wasserrechts bei ca. 70 %. Insgesamt verbleibt somit eine rein theoretische wasserrechtliche Reserve von ca. 700.000 m³/a. Eine Mehrförderung zur Ausschöpfung dieser Reserve ist jedoch aufgrund der komplexen Rahmen-

bedingungen technisch nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich. Für zukünftige Wasserrechtsverfahren muss damit gerechnet werden, dass es aufgrund der langjährigen Nichtausschöpfung des Wasserrechts zu einer Reduzierung der genehmigten Wassermengen kommt.

Die Auswertung der Daten zur Hydrogeologie legen nahe, dass sehr wahrscheinlich die Wasserressourcen beider Gewinnungsgebiete miteinander verbunden sind (siehe Datengrundlage G1). So wird in der Arbeitshypothese davon ausgegangen, dass im höher gelegenen Taunuskamm das Grundwasser neu gebildet wird und entlang von Störungszonen nach Südosten abströmt. Über die Tiefbrunnen wird damit ein Mischwasser gefasst, welches neben einem Anteil an Grundwässern lokaler Bildung (v. a. aus Oberflächenwasser) auch einen Anteil an altem Grundwasser mit Bildung im Taunus aufweist.

Derzeit bestehen hinsichtlich der tatsächlichen Auswirkungen des Klimawandels auf das Wasserdargebot große Unsicherheiten. Generell ist aber mit eher negativen Auswirkungen zu rechnen. So weisen Klimaprognosen (u. a. WETTREG 2010) im Zeitraum zwischen 2021 und 2050 eine großräumige Abnahme der Grundwasserneubildung um bis zu 25 % aus (bezogen auf den Referenzzeitraum 1981-2010). Es ist daher davon auszugehen, dass sich das nutzbare Wasserdargebot entsprechend verringern wird.

Insbesondere ein Rückgang der Schüttung über die Stollen würde sich maßgeblich auf die Trinkwassergewinnung auswirken. Gleichzeitig wird durch den bis 2030 erwarteten Bevölkerungszuwachs und geänderte Lebensgewohnheiten in den letzten Jahren ein Anstieg des Wasserverbrauchs prognostiziert. Vor diesem Hintergrund werden in erster Linie Maßnahmen zum langfristigen **Erhalt des derzeit nutzbaren Wasserdargebots** empfohlen. Unterstützend werden Maßnahmen vorgestellt, die eine **redundante Struktur** schaffen, um mögliche kurzfristige Ausfälle oder einen (ggf. zeitlich begrenzten) erhöhten Bedarf über ein größeres Wasserdargebot decken zu können. Langfristiges Ziel sollte sein, den Fremdwasseranteil durch ein zusätzliches Dargebot von Wasser zu minimieren. Dazu werden insbesondere **Substitutionsstrategien** vorgeschlagen, bei denen für geeignete Prozesse Trinkwasser durch die Bereitstellung von Betriebswasser ersetzt wird (s. Kapitel 3.2). Eine Erhöhung der Trinkwasserförderung im Gemeindegebiet wird als langfristige Maßnahme, welche aufgrund der sehr komplexen hydrogeologischen Systembedingungen mit einem hohen Risiko behaftet ist, diskutiert. Folgende Maßnahmen zur Erhöhung der Wasserretention, zur Stützung der Grundwasserneubildung und Erhöhung des Wasserdargebots sind zu erwägen:

- Erhalt des nutzbaren Wasserdargebots
 - Waldumbau zum „Wasserwald“
 - Abflussminderung im Zuge der Waldbewirtschaftung

- Versickerung von Oberflächenabfluss
- Erhöhung des Wasserdargebots
 - Neubau von Brunnen
 - Erhöhung der Entnahmemengen in den Stollen
 - Reaktivierung stillgelegter Brunnenanlagen
 - Speicherteiche

Die Maßnahmen werden im Folgenden detaillierter erläutert.

3.1.1 Erhalt des nutzbaren Wasserdargebots

Maßnahmen zum Erhalt des nutzbaren Wasserdargebots zielen in erster Linie auf eine langfristige Stabilisierung der Grundwasserneubildung bei sich ändernden klimatischen Bedingungen ab (Erhalt des Status Quo). Hauptmaßnahmenregion ist dabei der für die Wassergewinnung aus den Grundwasserreserven ausschlaggebende Taunuskamm (Struktureinheit: Hoher Taunus). Das Maßnahmengebiet wird überwiegend forstwirtschaftlich genutzt, dient jedoch auch als Naherholungsgebiet. Die im Projekt erarbeiteten Maßnahmen sind daher im Rahmen einer forstwirtschaftlichen Nutzung naturnah umzusetzen.

Aufgrund der Hangneigung entlang des Taunuskamms ist von einem großen Anteil an abfließendem Niederschlag über die Geländeoberfläche (ggf. Zwischenabfluss im Boden) und die Fließgewässer auszugehen. Die diskutierten Maßnahmen setzen sich daher aus einer Kombination aus Abflussminderung und induzierter Versickerung zusammen. Die Umsetzbarkeit der Einzelmaßnahmen oder Maßnahmenpakete ist lokal durch eine Systemanalyse insbesondere aber hinsichtlich möglicher Risiken wie Vernässung v. a. am bebauten Hang und einer Beeinflussung der Trinkwassergewinnung durch den Eintrag von Stoffen oder Mikrobiologie sorgfältig zu prüfen (nicht Teil dieses Projektes).

Aufgrund der sehr komplexen hydrogeologischen Situation im Untersuchungsgebiet ist nicht auszuschließen, dass sich Maßnahmen innerhalb des Gemeindegebiets möglicherweise auf angrenzende Gemeinden auswirken können. In diesem Zusammenhang wird empfohlen, die Umsetzung der Maßnahmen aufeinander abgestimmt und überregional (über die Gemeindegrenzen hinaus) im Rahmen einer ganzheitlichen forstwirtschaftlichen Strategie zu planen.

Es werden die Maßnahmenpakete:

- Waldumbau zum „Wasserwald“,
- Abflussminderung im Zuge der Waldbewirtschaftung und
- Versickerung von Oberflächenabfluss

vorgeschlagen, die sich wiederum aus verschiedenen Einzelmaßnahmen zusammensetzen. So kann eine Abflussminderung durch Rückbau und Vermeidung von Bodenanschnitten sowie der Entwässerung v. a. im Bereich des Wegenetzes vermindert werden. Dazu zählt auch eine gezielte Versickerung des Oberflächenabflusses über Versickerungsmulden. Derzeit werden bereits flache Versickerungsgräben durch die Stadtwerke Bad Homburg im Zustrom der Stollen unterhalten. Deren Wirksamkeit und mögliche Risiken für die Wassergewinnung sind nicht umfänglich bekannt und sollten im Rahmen weiterführender Untersuchungen untersucht werden. So wurde beispielsweise beobachtet, dass Versickerungsgräben im Nahbereich der Stollen mit geringer Grundwasserüberdeckung zu einer temporären mikrobiologischen Belastung führen können (z. B. bei Regenereignissen).

Als Teil der forstwirtschaftlichen Maßnahmen wird eine Umstrukturierung des Waldes mit Hinblick auf eine Erhöhung der Grundwasserneubildung diskutiert. Aktuelle Studien zeigen ein Potential von bis zu 15 % bis 30 % Steigerung der Grundwasserneubildung bei einem Wechsel von einem Nadelmischwald zu einem Laubwald (Buchen und Eichen). Hierbei ist jedoch die Altersstruktur des Waldes zu beachten.

Der Zeitraum, bis eine spürbare Wirkung der forstwirtschaftlichen Maßnahmen eintritt, ist sehr variabel. So ist davon auszugehen, dass eine Waldumstrukturierung einen langfristigen Prozess darstellt. Untersuchungen müssen zeigen, in welchem Zeitraum Maßnahmen wie die Abflussminderung oder die Versickerung sich auf die Grundwasserneubildung auswirken. Ausgehend von der hydrogeologischen Betrachtung in der Bestandsaufnahme (Datengrundlage G1) wird von einem mittel- bis langfristigen Zeitrahmen ausgegangen.

Aufgrund der Komplexität und weitreichender Folgen auch über den im Projekt betrachteten Zeitrahmen von 20 Jahren hinaus, sind die forstwirtschaftlichen Maßnahmen, insbesondere aber die Waldumstrukturierung durch die Stadt Bad Homburg in einem gesonderten Projekt vertiefend zu bearbeiten.

In den folgenden Steckbriefen sind die Kernelemente der hier beschriebenen Maßnahmen zusammengefasst.

3.1.1.1 Steckbrief: Waldumbau

Maßnahme	Waldumbau zum „Wasserwald“	01
<ul style="list-style-type: none"> Maßnahmenart 	<ul style="list-style-type: none"> Dargebotsseitiger Baustein 	
Maßnahmentyp	<ul style="list-style-type: none"> Naturnah, technisch 	
Quelle/Herkunft/Ressource	<ul style="list-style-type: none"> Niederschlag 	
Kerneigenschaft / Kurzbeschreibung	<ul style="list-style-type: none"> Waldumbau des Nadelwaldbestand in Laubmischwälder Angegliederte Maßnahmen wie Anlage von Hecken; Belassen von Totholz; Teilweiser oder vollständiger Nutzungsverzicht, Aufbau von Humus im Boden etc. 	
Erwartete Wirksamkeit	Keine Angaben möglich aufgrund fehlender Informationen. Vergleichsrechnungen Flächenpotential Grundwasserneubildung Szenario Laubbaumvariante (70 % Eiche, 30 % Buche): <ul style="list-style-type: none"> Ostheide mit +15 bis +25 % (Pöhler et al. 2013) Bundesweite Modellstudie +15 bis +30 % (Bolte et al. 2002) 	
Rechtliche Einordnung	Landesforstgesetz (u. a. Waldumwandlung)	
Verortung/Lage	Taunuskamm <ul style="list-style-type: none"> Nadel(misch)wald Gemeinde-übergreifend 	

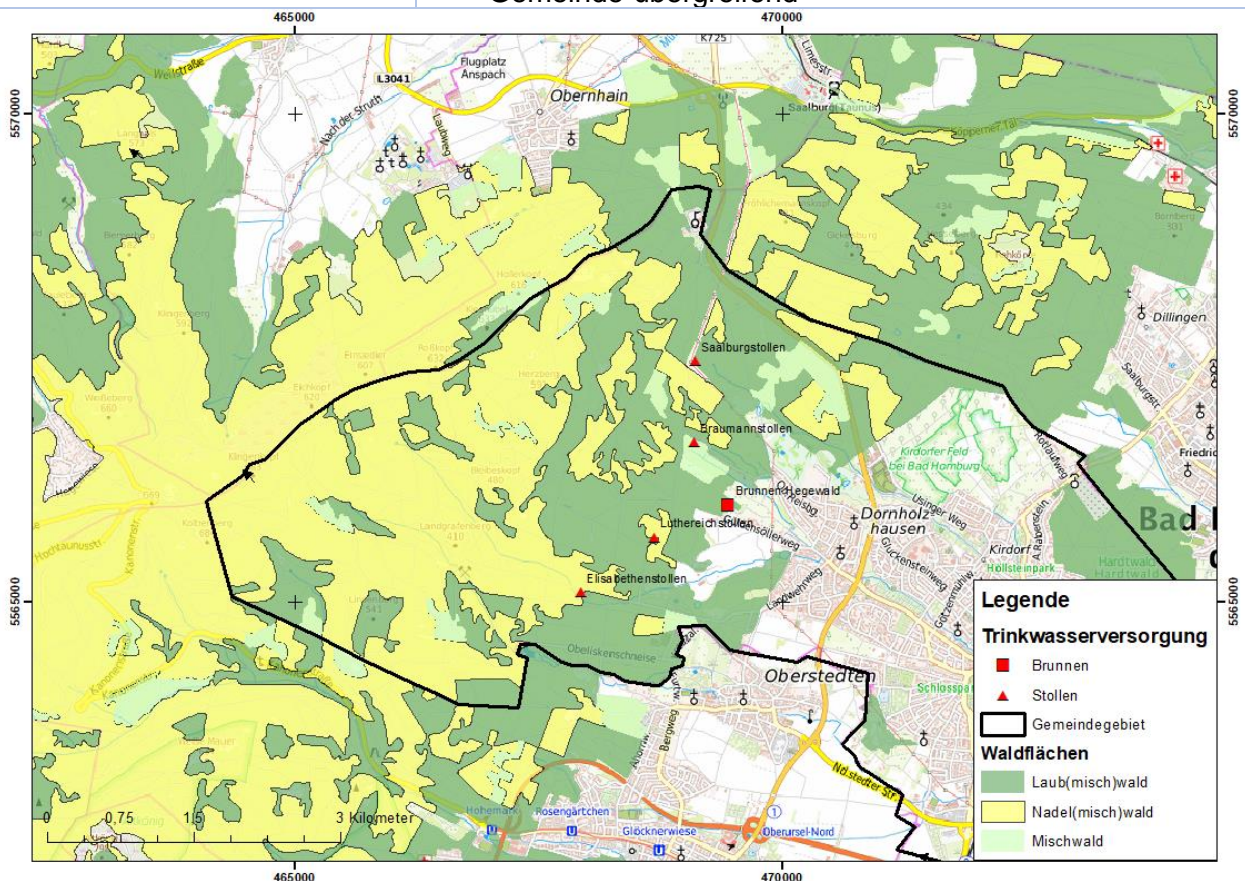


Abbildung 5: Verteilung der Waldarten entlang des Taunuskamms (Kartengrundlage: O1, O8).

Maßnahme	Waldumbau zum „Wasserwald“	01
Erwartete Umsetzbarkeit <ul style="list-style-type: none"> • technisch: ja/nein/unklar • Sofort/Kurz- (1-2J)/mittel- (bis 10J)/langfristig (10J+) 	Unterschiedlich je nach Zuständigkeiten und Besitzverhältnissen <ul style="list-style-type: none"> • Gemeinde Bad Homburg: ja/sofort • HessenForst: unklar sofort-mittelfristig	
Wirkzeitraum ab Umsetzung Sofort/Kurz- (1-2J) mittel- (bis 10J) langfristig (10J+) ab wann treten Wirkungen nachhaltig auf?	mittel bis langfristig Wirkung ist in Abhängigkeit von Wuchsstadium und Waldzusammensetzung unterschiedlich (z. B. siehe Reise et al., 2020)	
Untersuchungsbedarf	Untersuchung und Monitoring von möglichen Einflüssen auf den regionalen Wasserhaushalt, u. a.: <ul style="list-style-type: none"> • Einfluss der Maßnahme auf das geförderte Rohwasser in Menge und Qualität (insbesondere mikrobiologische Belastung) • Einfluss auf das Abflussregime in den Oberflächengewässern 	
Querverweise/Synergien	Abflussminderung, Versickerung, Hochwasserschutz	

3.1.1.2 Steckbrief: Abflussminderung

Maßnahme	Abflussmindernde Maßnahmen im Zuge der Waldbewirtschaftung	02
Maßnahmenart	Dargebotsseitiger Baustein	
Maßnahmentyp	<ul style="list-style-type: none"> Naturnah 	
Quelle/Herkunft/Ressource	<ul style="list-style-type: none"> Niederschlag (Oberflächenabfluss/Zwischenabfluss) 	
Kerneigenschaft/ Kurz-Beschreibung	<p>Reduktion der Oberflächenabflüsse und Entwässerung durch:</p> <ul style="list-style-type: none"> Anpassung des Wegenetzes ggf. durch Rückbau und Vermeidung von Bodenanschnitten Rückbau von Entwässerungsgräben Verringerung der Bodenverdichtung und Flurschäden (z. B. Rückegasse mit Reisig bedecken, Nutzung von Ballonreifen etc.) Versickerung von Oberflächenabfluss (erhöhte Gefahr von mikrobiologischen und stofflichen Einträgen) Angegliederte Maßnahmen: Waldumbau in Laubmischwälder, da Oberflächenabfluss unter einschichtigen Fichtenreinbeständen erhöht ist 	
Erwartete Wirksamkeit	Keine Angaben möglich aufgrund fehlender Untersuchungen	
Rechtliche Einordnung (Grauzone oder nicht?)	Landesforstgesetz	
Ort/Lokalität	Taunuskamm – Waldgebiete	

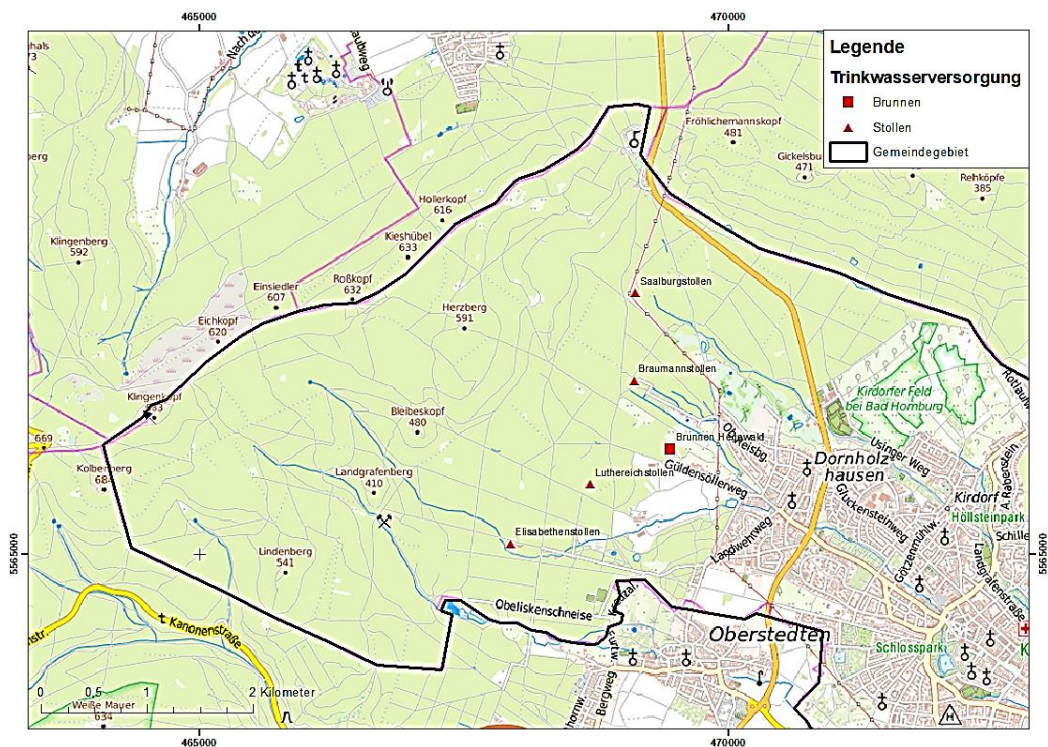


Abbildung 6: Wegenetz entlang des Taunuskamms (Kartengrundlage: O1)

Erwartete Umsetzbarkeit	Unterschiedlich je nach Zuständigkeiten und Besitzverhältnissen
-------------------------	---

<ul style="list-style-type: none"> • technisch: ja/nein/unklar • Sofort/Kurz- (1-2J)/mittel- (bis 10J)/langfristig (10J+) 	<ul style="list-style-type: none"> • Gemeinde Bad Homburg: ja/sofort • HessenForst: unklar sofort-mittelfristig
Wirkzeitraum ab Umsetzung Sofort/Kurz- (1-2J)/mittel- (bis 10J)/langfristig (10J+) Ab wann treten Wirkungen nachhaltig auf?	sofort bis langfristig, in Abhängigkeit vom Grundwassersystem
Untersuchungsbedarf	Je nach Standort gering bis hoch Untersuchung und Monitoring von möglichen Einflüssen auf den regionalen Wasserhaushalt, u. a.: <ul style="list-style-type: none"> • Abflussprozesse auf Grundlage standortkundlicher Bodeninformationen und Hangneigung • Einfluss der Maßnahme auf die das geförderte Rohwasser in Menge und Qualität (insbesondere Mikrobiologische Belastung) • Einfluss auf das Abflussregime in den Oberflächengewässern
Querverweise/Synergien	Waldumbau, Versickerung, Hochwasserschutz

3.1.1.3 Steckbrief: Versickerung

Maßnahme	Versickerung von Oberflächenabfluss	03
Maßnahmenart	Dargebotsseitiger Baustein	
Maßnahmentyp	<ul style="list-style-type: none"> Naturnah 	
Quelle/Herkunft/Ressource	<ul style="list-style-type: none"> Niederschlag (Oberflächenabfluss) 	
Kerneigenschaft/ Kurz-Beschreibung	Rückhalt des Oberflächenabflusses mittels <ul style="list-style-type: none"> parallel zum Hang verlaufender Gräben Versickerungsmulden 	
Erwartete Wirksamkeit	Wirksamkeit im Festgestein aufgrund der komplexen Hydraulik unklar (Untersuchungsbedarf) Mögliche Risiken durch Vernässung oder Eintrag von Stoffen und Mikrobiologie	
Rechtliche Einordnung (Grauzone oder nicht?)	WHG	
Ort/Lokalität	Taunuskamm	
Erwartete Umsetzbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> technisch: ja/nein/unklar Sofort/Kurz- (1-2J)/mittel- (bis 10J)/langfristig (10J+) ja sofort bis mittelfristig	
Wirkzeitraum ab Umsetzung Sofort/Kurz- (1-2J)/mittel- (bis 10J)/langfristig (10J+) Ab wann treten Wirkungen nachhaltig auf?	Mittel- bis langfristig	
Untersuchungsbedarf	Untersuchung und Monitoring von möglichen Einflüssen auf den regionalen Wasserhaushalt, u. a.: <ul style="list-style-type: none"> Einfluss der Maßnahme auf das geförderte Rohwasser in Menge und Qualität (insbesondere mikrobiologische Belastung) Einfluss auf die Grundwasserstände im Abstrom der Infiltration Einfluss auf das Abflussregime in den Oberflächengewässern 	
Querverweise/Synergien	Hochwasserschutz	

3.1.2 Erhöhung des Wasserdargebots

Im Rahmen des Projektes wurde eine mögliche Erhöhung des Trinkwasserdargebots durch die Anpassung der Wasserrechte einzelner Stollen und die Erschließung von Grundwasser über Brunnen diskutiert.

Grundvoraussetzung für eine Anpassung der Entnahmemengen über die Stollen ist eine entsprechende Erhöhung der Grundwasserneubildung und damit des nutzbaren Wasserdargebots im Festgesteinsgrundwasserleiter. Mit den in Kapitel 3.1.1 diskutierten Maßnahmen wird in erster Linie eine Stabilisierung der Grundwasserneubildung anvisiert. Der Wirkzeitraum wird als mittel- bis langfristig eingestuft. Eine Intensivierung dieser Maßnahmen, die zu einem Anstieg der Grundwasserneubildung führen, ist dementsprechend einzuordnen. So könnte v. a. durch die gezielte Infiltration die Wassergewinnung über die Stollen gestützt werden. Hierbei sind die sehr komplexen hydrogeologischen Systembedingungen und die sich daraus ergebenden Risiken zu beachten. Die Wirkung der Maßnahmen sowie mögliche Risiken sind durch weiterführende Untersuchungen und ein Langzeitmonitoring im Vorfeld zu erkunden. Auf der Grundlage der derzeitigen Informationslage kann nicht gesichert abgeschätzt werden, ob und in welchem Umfang das Wasserdargebot erhöht werden kann.

Im Gemeindegebiet Bad Homburgs sowie den angrenzenden Gemeinden besteht eine intensive Nutzung der Grundwasserressourcen. Die Wasserschutzgebiete der Brunnen und Stollen grenzen teilweise direkt aneinander. Eine Neuerschließung von Grundwasser innerhalb der Schutzgebiete ist ausgeschlossen. Damit sind mögliche Gebiete für eine Grundwassererschließung stark eingeschränkt. Im Steckbrief sind die ausgewiesenen Schutzgebiete dargestellt. Mögliche neue Brunnenstandorte innerhalb des Gemeindegebietes beschränken sich damit auf die Gebiete östlich des Saalburgstollens und des Erlenbachs. Für eine mögliche Grundwassergewinnung sind Auswirkungen auf die Natur sowie bestehende Anlagen auszuschließen. So müssen bei einer Gewinnung südöstlich der Saalburg die abstromig gelegenen Feuchtgebiete im Bereich des Golfplatzes und im Naturschutzgebiet Kirdorfer Feld beachtet werden. Im Raum Erlenbach ist eine potentielle Beeinflussung der bestehenden Anlagen zu beachten. Unter diesen Gesichtspunkten kann sich eine Exploration als sehr (kosten-) aufwendig und langwierig darstellen. Sowohl eine Anpassung der Entnahme in den Stollen als auch der Bau von neuen Anlagen zur Trinkwassergewinnung sind als langfristige Planungsziele mit großen Unsicherheiten einzustufen.

3.1.2.1 Steckbrief: Neubau von Brunnen

Maßnahme	Neubau von Brunnen	04
Maßnahmenart	Dargebotsseitiger Baustein	
Maßnahmentyp	<ul style="list-style-type: none"> • technisch 	
Quelle/Herkunft/Ressource	<ul style="list-style-type: none"> • Grundwasser 	
Kerneigenschaft/ Kurz-Beschreibung	Erschließung von Grundwasser und Neubau eines Förderbrunnens <ul style="list-style-type: none"> • Trinkwasser • Betriebswasser 	
Erwartete Wirksamkeit	ca. 50.000 bis 150.000 m³/a	
Rechtliche Einordnung (Grauzone oder nicht?)	WHG (Umweltverträglichkeitsprüfung) Wasserrechtliche Genehmigung/Erlaubnis	
Ort/Lokalität	Limitiert durch: <ul style="list-style-type: none"> • hydrogeologische Systembedingungen • bestehende Wassergewinnungen und Wasserschutzgebiete sowie wertvolle Feuchtgebiete und Bäche (z. B. Kirdorfer Feld) 	

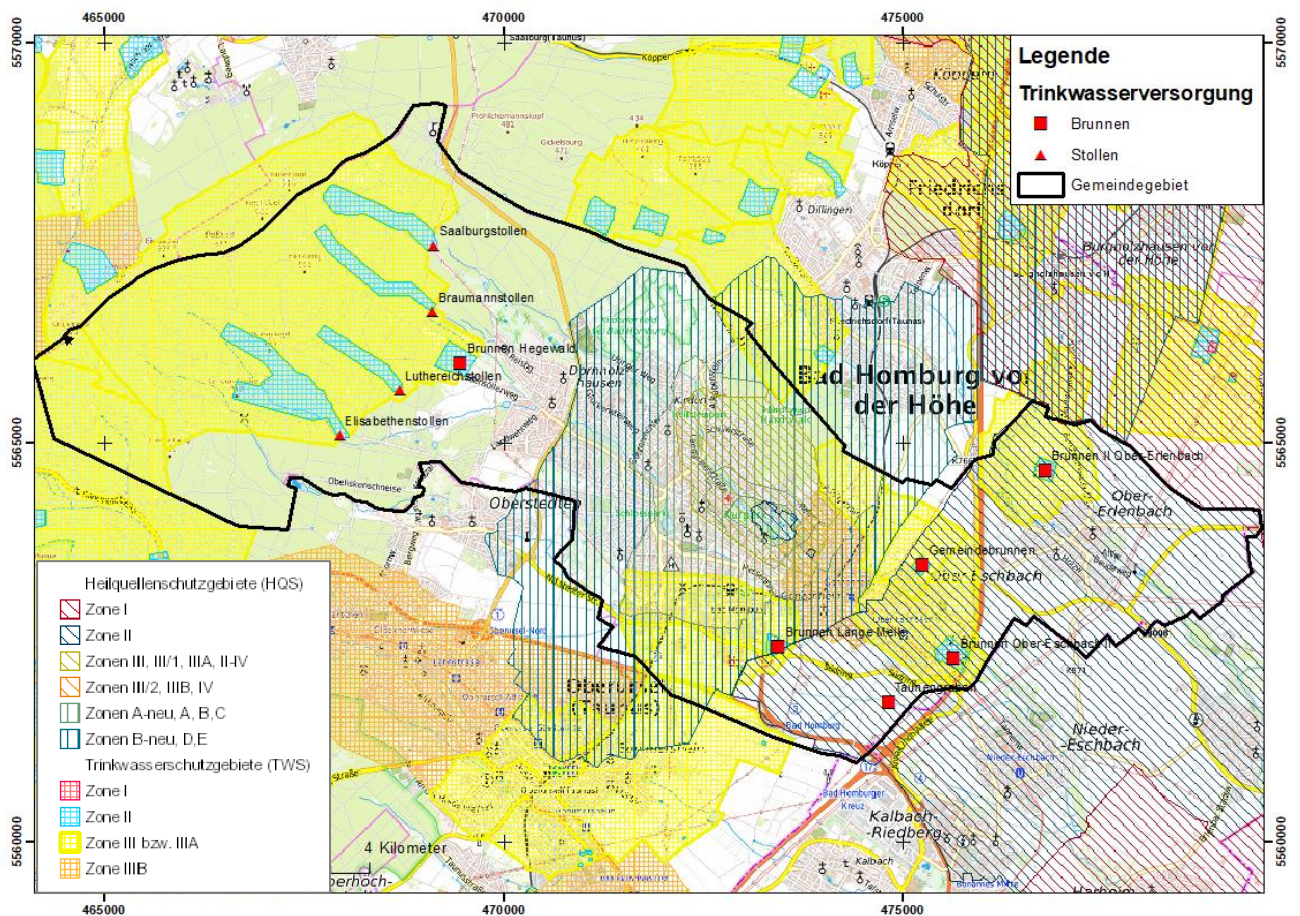


Abbildung 7: Lage der bestehenden Wassergewinnungen und Wasserschutzgebiete (Kartengrundlage: O1, O5).

Erwartete Umsetzbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> • technisch: ja/nein/unklar • Sofort/Kurz- (1-2J)/mittel- (bis 10J)/langfristig (10J+)
Wirkzeitraum ab Umsetzung	sofort
Untersuchungsbedarf	<p>Sehr hoher Untersuchungsaufwand im Vorfeld und behördlicher Aufwand</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geosystemerkundung (u. a. Untersuchungsbohrungen, Pumpversuch), • Wasserrechtsverfahren, Wasserschutzzonenausweisung etc. • Monitoring
Querverweise/Synergien	-

3.1.2.2 Steckbrief: Erhöhung der Entnahmemengen in den Stollen

Maßnahme	Erhöhung der Entnahmemenge in den Stollen	05
Maßnahmenart	Dargebotsseitiger Baustein	
Maßnahmentyp	<ul style="list-style-type: none"> Naturnah/technisch 	
Quelle/Herkunft/Ressource	<ul style="list-style-type: none"> Grundwasser 	
Kerneigenschaft/ Kurz-Beschreibung	Erhöhung der wasserrechtlich nutzbaren Wassermenge aus den Stollen <ul style="list-style-type: none"> Nur in Kombination einer Erhöhung der Grundwasserneubildung (siehe Maßnahmen Versickerung, Abflussminderung und Waldumbau) Nur nach Durchführung umfassender vorangehender Untersuchungen zur Hydraulik und Hydrochemie 	
Erwartete Wirksamkeit	Abhängig von Grundwasserneubildung	
Rechtliche Einordnung (Grauzone oder nicht?)	WHG (Planfeststellungspflicht)	
Ort/Lokalität	<ul style="list-style-type: none"> Taunuskamm 	
Erwartete Umsetzbarkeit	Erweiterung von Entnahmemengen setzt neue Wasserrechte voraus	
<ul style="list-style-type: none"> technisch: ja/nein/unklar Sofort/Kurz- (1-2J)/mittel- (bis 10J)/langfristig (10J+) 	<ul style="list-style-type: none"> unklar Langfristig 	
Wirkzeitraum ab Umsetzung	sofort	
Untersuchungsbedarf	Erfassung der Wasserhaushaltskomponenten <ul style="list-style-type: none"> Darstellung einer Erhöhung des Grundwasserneubildung Durchführung umfassender vorangehender Untersuchungen zur Hydraulik und Hydrochemie 	
Querverweise/Synergien	Stützung der Grundwasserneubildung	

3.1.3 Reaktivierung von Nicht-Trinkwasserressourcen

Zum Schutz der bestehenden Trinkwasserressourcen wird für Prozesse, bei denen keine Trinkwasserqualität gebraucht wird, eine Substitution durch andere Wasserquellen entsprechender Qualität empfohlen. Dazu müssen sowohl Wasserquellen identifiziert als auch die entsprechende Infrastruktur geschaffen werden, um dieses Wasser für die Nutzungen bereitstellen zu können.

Eine mögliche alternative Wasserquelle stellen Grundwässer dar, die aufgrund ihrer qualitativen Beschaffenheit nicht für die Trinkwassergewinnung aber als Betriebswasser für definierte

Zwecke genutzt werden können. Grundwässer mit einer Belastung umweltgefährdender Stoffe oder mengenmäßiger Einschränkungen sind hierbei auszuschließen.

Die Grundwasserreservoirs im Untersuchungsgebiet unterscheiden sich maßgeblich in der Qualität und Quantität. In der Vergangenheit wurde das oberflächennah strömende Grundwasser in einer Vielzahl von Flachbrunnen im Vordertaunus gefasst (vgl. Datengrundlage G1). So wies beispielsweise der Hohlebrunnen nördlich des Bahnhofs eine Entnahmemenge von ca. 200.000 m³/a auf. Aufgrund von mikrobiologischen Befunden musste dieser jedoch 1976 außer Betrieb genommen werden und ist inzwischen überbaut. Für den Flachbrunnen Pflingstborn nahe der Autobahnauffahrt A661 wird ebenfalls eine relativ hohe Ergiebigkeit von ca. 5,25 m³/h je Meter Grundwasserabsenkung angegeben (Informationen zur Gesamtentnahme fehlen).

Im Vordertaunus haben sich in den oberflächennahen Terrassensedimenten (fluviatile Schotter und Kiese) geringmächtige Grundwasserleiter ausgebildet (siehe Darstellung in Datengrundlage G1). Eine Terrassenbildung wird v. a. entlang des Kirdorfer Bachs, Heuchelbachs und Eschbachs beschrieben. Zudem treten Terrassensedimente lokal westlich und nördlich von Dornholzhausen und des Platzbergs sowie südlich des Friedhofs Bad Homburg und östlich des Kurparks auf.

Im Stadtgebiet sind mehrere Altlasten bekannt, welche u. a. leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe (LCKW) ins Grundwasser freisetzen. Es ist daher detailliert zu prüfen, inwiefern das oberflächennahe Grundwasser ggf. auch nur lokal nutzbar ist. Hierzu ist eine Auswertung der Belastungen (Schadstofffahne) im Rahmen des bestehenden Monitorings notwendig. Zudem zeigt die Auswertung der Grundwasserstände in den Messstellen v. a. in den Terrassenschottern entlang der Fließgewässer eine große Abhängigkeit zu dem Oberflächenwassersystem und dessen Wasserführung. So weist beispielsweise die Messstelle Schloss eine saisonale Grundwasserspiegelschwankung von bis zu 8 m (2018, siehe Datengrundlage G1) auf. Es ist daher auch zu prüfen, inwiefern Grundwasser für die Gewinnung insbesondere in Trockenphasen in ausreichendem Umfang zur Verfügung steht. Das nutzbare Wasserdargebot in den fluviatilen Sedimenten kann damit in Abhängigkeit von der Sedimentmächtigkeit und der Interaktion mit den Oberflächengewässern stark variieren. Eine negative Beeinflussung der bestehenden Wassergewinnungsanlagen muss ausgeschlossen werden.

Prinzipiell bietet sich die Reaktivierung von bestehenden Brunnenanlagen sowie der Infrastruktur (Leitungssystem) an. Aufgrund der Lage des Brunnens Pflingstborn wäre eine Nutzung für landwirtschaftliche Bewässerung möglich. Neben Bewässerungszwecken kann Betriebswasser auch für industrielle Prozesse eingesetzt werden. Aufgrund fehlender Informationen zum Zustand der Anlagen ist eine Kostenanalyse nicht möglich. Alternativ können – falls

vorhanden – Informationen der alten Brunnen als Planungsgrundlage für die Auslegung neuer Betriebswasserbrunnen genutzt werden.

Eine Auflistung der Brunnen (ggf. unvollständig) ist im nachfolgenden Steckbrief gegeben.

3.1.3.1 Steckbrief: Betriebswasserbrunnen

Maßnahme	Betriebswasserbrunnen	06
Maßnahmenart	Dargebotsseitiger Baustein	
Maßnahmentyp	<ul style="list-style-type: none"> • technisch 	
Quelle/Herkunft/Ressource	<ul style="list-style-type: none"> • Grundwasser 	
Kerneigenschaft/ Kurz-Beschreibung	v. a. Flachbrunnen aufgrund schlechter Qualität stillgelegt Nutzung stillgelegter Brunnenanlagen und Gewinnung von Betriebswasser zur <ul style="list-style-type: none"> • Bewässerung • Prozesswasser (kein Wasser für den menschlichen Gebrauch) 	
Erwartete Wirksamkeit	ca. 50.000 - 100.000 m³/a (ggf. saisonale Verfügbarkeit abweichend)	
Rechtliche Einordnung (Grauzone oder nicht?)	WHG (Umweltverträglichkeitsprüfung) Wasserrechtliche Genehmigung/Erlaubnis	
Ort/Lokalität	Lage unbekannt	
Tabelle 3: Auskunft stillgelegte Brunnen/Schürfe – Stadtwerke Bad Homburg		
Brunnen / Schürfe	stillgelegt ⁹	
Hohlebrunnen	1975 (inzwischen überbaut)	
Tiefbrunnen Ober-Erlenbach I	1989 (Filterrohre zusammengefallen)	
Tiefbrunnen Ober-Eschbach (Pfungstborn)	Ende 1970er Jahre	
Flachbrunnen Ober-Eschbach (Pfungstborn)	Ende 1970er Jahre	
Flachbrunnen Pfarrborn (Ober-Eschbach)	1978 (verfüllt)	
Schürfung Mausborn	1982 (Wasserrecht gelöscht, zurückgebaut)	
Schürfung Hegewald	1982 (Wasserrecht gelöscht, zurückgebaut)	
Schürfung Braumann	1982 (Wasserrecht gelöscht, zurückgebaut)	
Schürfung Jungfernstollen	1988 (Wasserrecht gelöscht, zurückgebaut)	
Erwartete Umsetzbarkeit	Unklar aufgrund fehlender Informationen über den Zustand der Anlagen	
<ul style="list-style-type: none"> • technisch: ja/nein/unklar 		

⁹ Informationen nach Auskunft der Stadtwerke Bad Homburg v. d. Höhe.

• Sofort/Kurz- (1-2J)/mittel- (bis 10J)/langfristig (10J+)	Mittel- bis langfristig (in Abhängigkeit von technischem Zustand, Anbindung und wasserrechtlicher Genehmigung)
Wirkzeitraum ab Umsetzung Sofort/Kurz- (1-2J)/mittel- (bis 10J)/langfristig (10J+) Ab wann treten Wirkungen nachhaltig auf?	sofort nach Inbetriebnahme
Untersuchungsbedarf	Mittel bis hoch: <ul style="list-style-type: none"> • Analyse des Zustands der Brunnen • Analyse der Förderfähigkeit des Grundwassers und möglicher Auswirkungen auf den Grundwasserkörper • Nutzbarkeit des Wassers (z. B. Beregnungswasser) • Analyse der vorh. Infrastruktur (Bauwerk, Rohrleitungen etc.)
Querverweise/Synergien	-

3.1.4 Zusätzliche Wasserspeicherung

Das Potential von Wasserspeichern zur Verminderung von Sommerwasserknappheit wird in der Literatur als das Verhältnis zwischen dem nutzbaren Speichervolumen und der lokalen Wassernachfrage beschrieben (Brunner et al. 2019). Im Fokus der Analyse stehen naturnahe (Speicherteiche) und technische Anlagen (Rückhalte- und Speicherbecken) für die Bereitstellung von Wasser für Bewässerungszwecke.

Derzeit wird die Speicherung von Oberflächenwasser in Speicherteichen bereits auf dem Golfplatz Bad Homburg umgesetzt. Eine Erweiterung des Speicherteiches ist in Planung. Die Dimensionierung der Speicherteiche hängt hierbei von der zu bewässernden Fläche ab. Eine Überbrückung von Trockenphasen, wie sie in 2018 und 2022 aufgetreten sind, ist damit nur begrenzt möglich. Vorteile solcher Anlagen sind:

- Geringe Baukosten und Betriebskosten
- Geringer Wartungsaufwand
- Naturnahe Gestaltung möglich

Für die Speicherung von Oberflächenwasser sind ein Zugang und eine Entnahmegenehmigung für die Wasserspeicher nötig. Damit sind mögliche Standorte für die Speicherung limitiert. Im Sommer könnte es zu einer eingeschränkten Nutzung aufgrund hoher Wassertemperaturen und Algenwachstum kommen. Ein weiterer kritischer Punkt ist der hohe Platzbedarf, insbesondere naturnaher Anlagen.

Eine Umsetzung im Gemeindegebiet Bad Homburg wird aufgrund limitierter Standorte und des Speichervolumens als eher untergeordnet angesehen.

3.1.4.1 Steckbrief: Speicherteiche

Maßnahme	Wasserspeicherung – Speicherteich/-becken	07
Maßnahmenart	Dargebotsseitiger Baustein	
Maßnahmentyp	<ul style="list-style-type: none"> Naturnah/technisch 	
Quelle/Herkunft/Ressource	<ul style="list-style-type: none"> Niederschlag Oberflächenwasser 	
Kerneigenschaft/ Kurz-Beschreibung	<p>Rückhalt und Speicherung von Niederschlag und Oberflächenwasser</p> <ul style="list-style-type: none"> Überlaufspeisung aus Fließgewässern oder Regenwasserspeisung von Dachflächen etc. Möglichst nahe Verbraucher (z. B. Bewässerung Grünflächen oder Landwirtschaft) wie z.B. zurzeit am Golfplatz in Umsetzung [angegliederte Maßnahmen: kühlenden Effekt durch Verdunstung] 	
Erwartete Wirksamkeit	Abhängig vom Speichervolumen und zu bewässernder Fläche Überbrückung von Trockenphasen	
Rechtliche Einordnung (Grauzone oder nicht?)	Baugenehmigung ggf. WHG (wasserrechtliche Genehmigung)	
Ort/Lokalität	Nahe Verbraucher, nicht im Bereich der Wasserschutzgebiete	
Erwartete Umsetzbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> technisch: ja/nein/unklar Sofort/Kurz- (1-2J)/mittel- (bis 10J)/langfristig (10J+) 	
Wirkzeitraum ab Umsetzung Sofort/Kurz- (1-2J)/mittel- (bis 10J)/langfristig (10J+) Ab wann treten Wirkungen nachhaltig auf?	ja mittelfristig sofort	
Untersuchungsbedarf	Gering, ggf. Auswirkungen auf den Abfluss in den Oberflächengewässern	
Querverweise/Synergien	Hochwasserschutz	

3.1.5 Untersuchungsprogramm zum Wasserdargebot

Zur Umsetzung der Maßnahmen müssen die Systembedingungen insbesondere hinsichtlich der natürlichen Versickerung, Grundwasserneubildung und Grundwasserströmung untersucht werden. Im Einzelnen werden für den Maßnahmenraum "Hoher Taunus" folgende Untersuchungen vorgeschlagen (nicht vollständig):

- Erfassung der Grundwasserzuflüsse in den Stollen (je Kammer)
- Erfassung und Bilanzierung der Abflüsse über die Fließgewässer
- Erfassung der Verdunstung
- Untersuchung und Bilanzierung der Versickerung im Hang und mögliche Abflüsse über den Zwischenabfluss
- Bilanzierung der Grundwasserneubildung
- Untersuchung der Grundwasserströmung entlang von Klüften (Geophysik)
- Dauerhafte Messung der Grundwasserstände in den Messstellen am Hang (über Datenlogger)

Im Maßnahmenraum Vordertaunus sind folgende Untersuchungen zielführend:

- Dauerhafte Grundwasserstandserfassung (ausgewählte Messstellen mit Datenloggern)
- Monitoring und Auswertung der Grundwasserbeschaffenheit v. a. in den Terrassensedimenten (Betriebswassernutzung)
- Erfassung der Abflüsse über die Oberflächengewässer

3.2 Handlungsfeld Nutzung alternativer Ressourcen

Die technischen Maßnahmen zur Nutzung alternativer Ressourcen betreffen entweder die Dargebots- oder die Bedarfsseite und dienen der Stützung der Trinkwasserversorgung und basieren auf den Untersuchungen aus AP1 (G 1). Anwendungen, für die derzeit Trinkwasser verwendet wird und für die keine Trinkwasserqualität erforderlich ist, werden in diesen durch Betriebswasser substituiert.

Bedarfsseitige Maßnahmen zur Nutzung von Betriebswasser:

Es werden Anwendungen vorgestellt, für die derzeit Trinkwasser verwendet wird, aber eine Nutzung von Betriebswasser für bspw. Bewässerungszwecke, WC-Spülungen oder Reinigungsarbeiten möglich erscheint. Außerdem wird die technische Infrastruktur betrachtet, die für eine Nutzung erforderlich wird.

- Bewässerung von Stadtgrün, Golfplatz, Sportanlagen und Landwirtschaft
- Betriebswassernutzung im Gewerbegebiet Massenheimer Weg und in städtischen Liegenschaften

Dargebotsseitige Maßnahmen zur Nutzung alternativer Ressourcen:

Es werden alternative Wasserdarangebote betrachtet, die in der Bestandsaufnahme (vgl. G 1), als mögliche Ressource für die Betriebswasserversorgung identifiziert wurden. Zudem werden die hierfür notwendigen technischen Aufbereitungsschritte betrachtet.

- Spülwasser aus Trinkwasseraufbereitungsanlagen
- Regenwasser aus der Stadtentwässerung (aus städtischen Trennsystemen)
- Klarwasser aus dem Ablauf der Kläranlage Bad Homburg/Ober-Eschbach
- Regenwasser von Privatgrundstücken
- Regen- und Grauwasser aus städtischen, gewerblichen oder privaten Gebäuden

Da aufgrund mangelnder Daten und Ressourcen keine detaillierten Aussagen zu flächendeckenden Maßnahmen innerhalb von bestehenden Quartieren getroffen werden konnten, wird zudem die Identifizierung von Modellquartieren als Maßnahme vorgeschlagen. In einer separaten Studie sollte hier die Transformation eines bestehenden Quartiers zu einem wassersensiblen Quartier untersucht werden.

Die Maßnahmen werden in den folgenden Kapiteln in Steckbriefen erläutert. Aus den beschriebenen einzelnen Maßnahmen werden anschließend Maßnahmenpakete, die zur Nutzung alternativer Wasserressourcen erforderlich sind, abgeleitet und beschrieben.

3.2.1 Nutzung von Betriebswasser

Im gesamten Stadtgebiet von Bad Homburg besteht das Potenzial Betriebswasser anstelle von Trinkwasser zu nutzen. Es ist jedoch bei jeder Anwendung eine eigene Infrastruktur notwendig (Betriebswassernetz). Bei bestehender Infrastruktur - v. a. in Gebäuden - kann daher eine Umstellung auf Betriebswasser mit erheblichem Aufwand verbunden sein. Weniger aufwendig ist die Umstellung bei Nutzung für Bewässerungszwecke. Zudem ist die Nutzung von Betriebswasser für Unternehmen sowie Haushalte nicht vorschreibbar, sodass ein Dialog mit den jeweiligen Akteuren auf der Nutzungsseite notwendig wird.

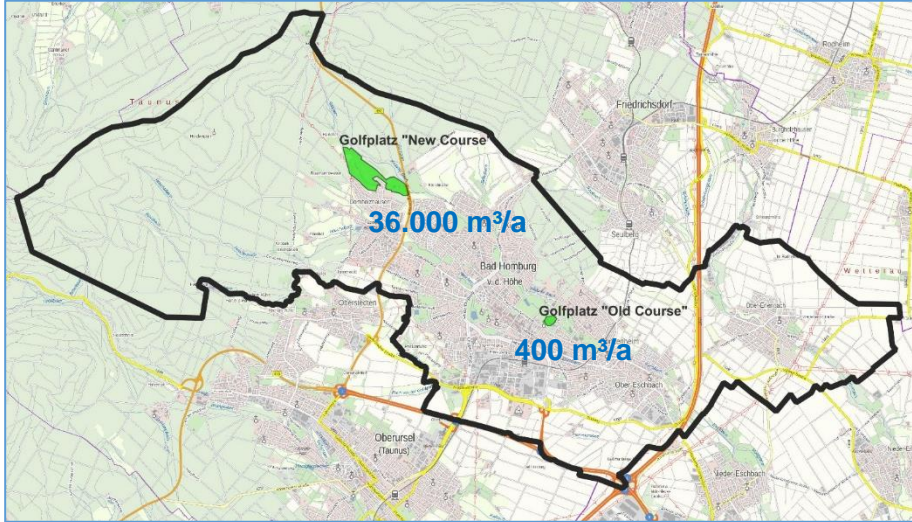
Die Wirksamkeit der Maßnahmen beruht entweder auf Angaben der Stadt Bad Homburg oder auf Schätzungen anhand von Literaturwerten. Jedoch ist v. a. die Annahme des Betriebswasserbedarfs für das Gewerbegebiet Massenheimer Weg nur eine sehr grobe Schätzung, da noch nicht klar ist, welche Art von Gewerbe sich ansiedeln wird und ob eine Bereitschaft zur Nutzung von Betriebswasser bestehen wird. Der Bedarf der Landwirtschaft wurde im vorliegenden Gutachten nicht betrachtet. Hier besteht weiterer Untersuchungsbedarf. Die Möglichkeit der Verwendung von Klarwasser aus der umgebauten Kläranlage für die Landwirtschaft wird daher noch zu klären sein.

In den folgenden Unterkapiteln werden die potenziellen Anwendungen zur Nutzung von Betriebswasser in Maßnahmensteckbriefen vorgestellt.


3.2.1.1 Steckbrief: Bewässerung Stadtgrün

Maßnahme	Bewässerung Stadtgrün	08
Maßnahmenart	Bedarfsseitiger Baustein	
Maßnahmentyp	<ul style="list-style-type: none"> • Technisch 	
Quelle/Herkunft/Ressource	<ul style="list-style-type: none"> • aufbereitetes Spülwasser aus Trinkwasseraufbereitung • weitergehend aufbereiteter Ablauf Kläranlage • Regenwasser aus Stadtentwässerung 	
Kerneigenschaft / Kurzbeschreibung	<ul style="list-style-type: none"> • Bewässerung von Pflanzkübeln und Bäumen im gesamten Stadtgebiet • Bewässerungswasser aus alternativen Wasserdargeboten ohne Trinkwasserqualität 	
Erwartete Wirksamkeit	3.000 m ³ /a (G 1)	
Rechtliche Einordnung	DIN 19650 gibt Hinweise zur erforderlichen hygienischen Qualität von Bewässerungswasser → grundsätzlich ist Bewässerung mit Klarwasser aus behandeltem Abwasser möglich	
Verortung/Lage	gesamtes Stadtgebiet	
Erwartete Umsetzbarkeit	Technisch möglich und sofort umsetzbar	
<ul style="list-style-type: none"> • technisch: ja/nein/unklar • Sofort/Kurz- (1-2J)/mittel- (bis 10J)/langfristig (10J+) 		
Wirkzeitraum ab Umsetzung Ab wann treten Wirkungen nachhaltig auf?	sofort	
Untersuchungsbedarf	-	
Querverweise/Synergien	Zusätzliche Prüfung durch Betriebshof, ob Bewässerung optimiert werden kann, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Verwendung von Bewässerungssäcken für Bäume • bei Flächenbewässerung Nutzung von Tröpfchenbewässerung 	

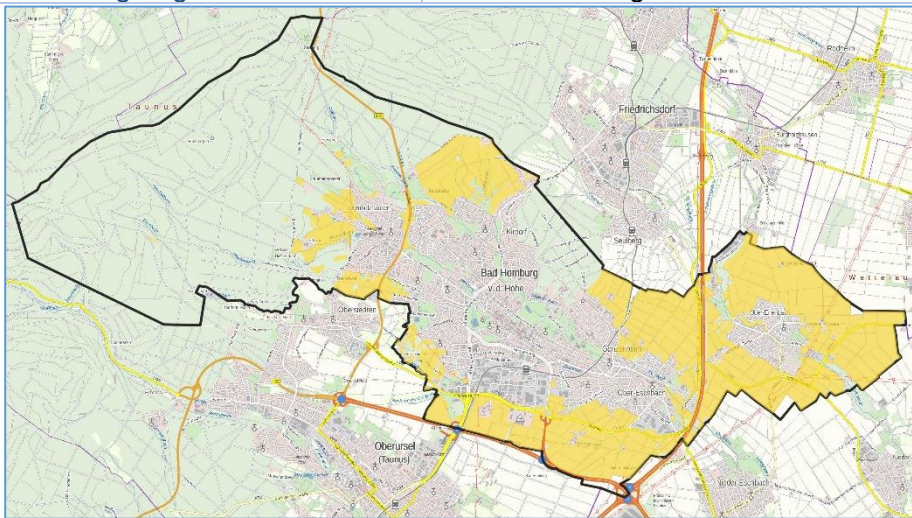
3.2.1.2 Steckbrief: Bewässerung Golfplatz

Maßnahme	Bewässerung Golfplatz	09
Maßnahmenart	Bedarfsseitiger Baustein	
Maßnahmentyp	<ul style="list-style-type: none"> • Technisch 	
Quelle/Herkunft/Ressource	<ul style="list-style-type: none"> • aufbereitetes Spülwasser aus Trinkwasseraufbereitung • weitergehend aufbereiteter Ablauf Kläranlage • Regenwasser aus Stadtentwässerung 	
Kerneigenschaft / Kurzbeschreibung	<ul style="list-style-type: none"> • Golfclub benötigt zur Bewässerung der Greens und zukünftig auch der Fairways mehr Wasser als bislang (G 2) • zukünftig keine Verwendung von Trinkwasser zur Bewässerung • Bevorratung des Bewässerungswassers in vorhandenen Speicherteichen auf dem Golfplatz (Erweiterung befindet sich in Planung) 	
Erwartete Wirksamkeit	bis zu 36.000 m ³ /a (G 2)	
Rechtliche Einordnung	DIN 19650 gibt Hinweise zur erforderlichen hygienischen Qualität von Bewässerungswasser → grundsätzlich ist Bewässerung mit Klarwasser aus behandeltem Abwasser möglich	
Verortung/Lage	Golfplatz Bad Homburg („New Course“)	
		
Abbildung 8: Golfplätze in Bad Homburg mit maximal benötigtem Trinkwasserbedarf (nach O 1 und G 2)		
Erwartete Umsetzbarkeit <ul style="list-style-type: none"> • technisch: ja/nein/unklar • Sofort/Kurz- (1-2J)/mittel- (bis 10J)/langfristig (10J+) 	Technisch möglich und kurz- bis mittelfristig umsetzbar, aber Umsetzung abhängig von Abstimmung mit Golfclub	
Wirkzeitraum ab Umsetzung Ab wann treten Wirkungen nachhaltig auf?	sofort	
Untersuchungsbedarf	<ul style="list-style-type: none"> • Akzeptanz Golfclub → Dialog starten • Gelände Golfplatz (Kapazität etc.) 	
Querverweise/Synergien	-	

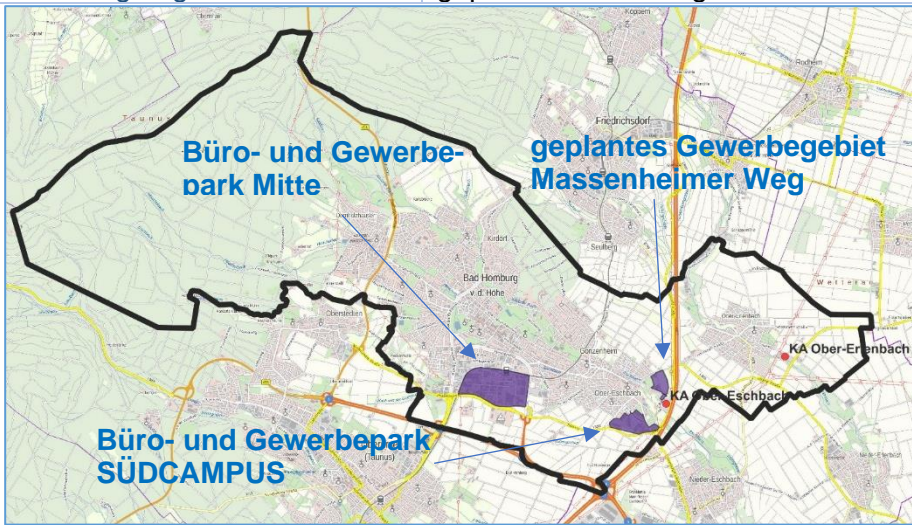
3.2.1.3 Steckbrief: Bewässerung Sportanlagen

Maßnahme	Bewässerung Sportanlagen	10
Maßnahmenart	Bedarfsseitiger Baustein	
Maßnahmentyp	<ul style="list-style-type: none"> • Technisch 	
Quelle/Herkunft/Ressource	<ul style="list-style-type: none"> • aufbereitetes Spülwasser aus Trinkwasseraufbereitung • weitergehend aufbereiteter Ablauf Kläranlage • Regenwasser aus Stadtentwässerung • ggf. Betriebswasser- oder Notbrunnen 	
Kerneigenschaft / Kurzbeschreibung	<ul style="list-style-type: none"> • Sportanlagen in Bad Homburg bewässern derzeit mit Trinkwasser (Mail Betriebshof Bad Homburg, 30.04.2021) • zukünftig Verwendung alternativer Wasserdargebote • Verteilungssystem benötigt 	
Erwartete Wirksamkeit	bis zu 20.000 m³/a (G 1)	
Rechtliche Einordnung	<ul style="list-style-type: none"> • DIN 19650 gibt Hinweise zur erforderlichen hygienischen Qualität von Bewässerungswasser → grundsätzlich ist Bewässerung mit Klarwasser aus behandeltem Abwasser möglich; • DIN 18035-2: technische und stoffliche Qualitätsanforderungen Bewässerung Sportanlagen 	
Verortung/Lage	Sportanlagen in Bad Homburg (Bedarf, gerundet) (G 1): Sportzentrum Nordwest: (6.200 m³/a) Sportanlage Wiesenborn: (3.500 m³/a) Sportplatz Sandelmühle: (3.700 m³/a) Sportplatz Lange Meile: (1.700 m³/a) Sportanlage Ober-Eschbach: (2.000 m³/a) Sportpark Wingert: (3.100 m³/a)	
		
Abbildung 9: Lage der Sportanlagen (nach O 1)		
Erwartete Umsetzbarkeit	Technisch möglich und mittel- bis langfristig umsetzbar (abhängig von genutztem Dargebot)	
Wirkzeitraum ab Umsetzung Ab wann treten Wirkungen nachhaltig auf?	sofort	
Untersuchungsbedarf	-	
Querverweise/Synergien	-	

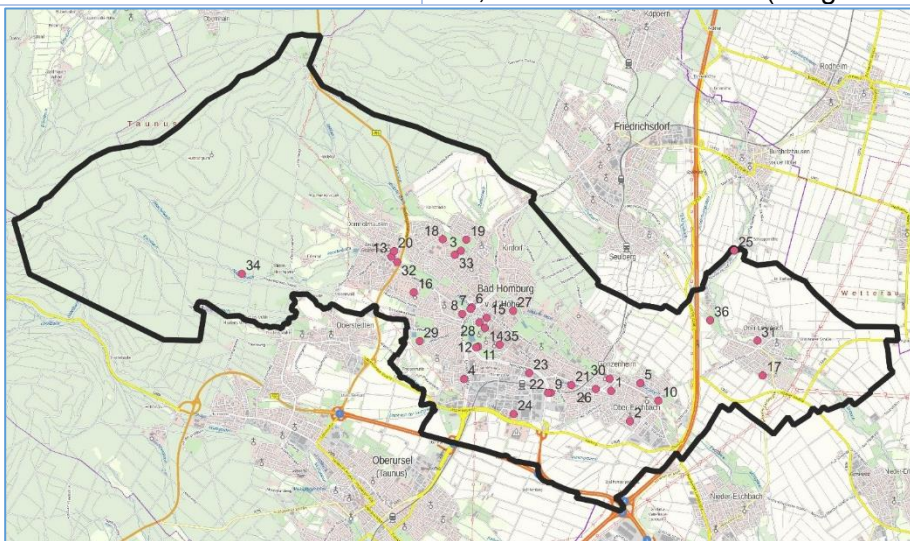
3.2.1.4 Steckbrief: Bewässerung Landwirtschaft

Maßnahme	Bewässerung Landwirtschaft	11
Maßnahmenart	Bedarfsseitiger Baustein	
Maßnahmentyp	<ul style="list-style-type: none"> • Technisch 	
Quelle/Herkunft/Ressource	<ul style="list-style-type: none"> • weitergehend aufbereiteter Ablauf Kläranlage • Regenwasser aus Stadtentwässerung 	
Kerneigenschaft / Kurzbeschreibung	<ul style="list-style-type: none"> • Nutzung alternativer Wasserdarangebote zur Bewässerung von Kulturpflanzen in der Landwirtschaft → zusätzlich Gärtnereien, Baumschulen etc. 	
Erwartete Wirksamkeit	unklar	
Rechtliche Einordnung	EU-WasserWVVO (2020): Verwendung von aufbereitetem Abwasser für die landwirtschaftliche Bewässerung; Konkrete Qualitätsanforderungen in Anhang 1, Ausgestaltung der EU-Regelung in Deutschland noch ausstehend (z. B. Definition Aufbereitungsmaßnahmen, Analyse- und Berichtspflichten)	
Verortung/Lage	siehe Abbildung 10	
		
Abbildung 10: Landwirtschaftliche Flächen gemäß Digitalem Geländemodell Hessen (in Gelb) (nach O 1)		
Erwartete Umsetzbarkeit	Umsetzung ist technisch möglich, aber abhängig von den jeweiligen Landwirtschaftsbetrieben → eher mittel- bis langfristig umsetzbar	
<ul style="list-style-type: none"> • technisch: ja/nein/unklar • Sofort/Kurz- (1-2J)/mittel- (bis 10J)/langfristig (10J+) 		
Wirkzeitraum ab Umsetzung Ab wann treten Wirkungen nachhaltig auf?	sofort	
Untersuchungsbedarf	<ul style="list-style-type: none"> • Wasserbedarf Landwirtschaft und Substitutionspotenzial • Potenzielle Wasserdarangebote (Quantität, Qualität, zeitlich und räumlich aufgelöst) • Akzeptanz Landwirtschaft zur Nutzung von Klarwasser aus Kläranlage (Stakeholderprozess) • Speicher- und Verteilungsnetz 	
Querverweise/Synergien	-	

3.2.1.5 Steckbrief: Betriebswassernutzung Massenheimer Weg

Maßnahme	Betriebswassernutzung GWG Massenheimer Weg	12
Maßnahmenart	Bedarfsseitiger Baustein	
Maßnahmentyp	<ul style="list-style-type: none"> • Technisch 	
Quelle/Herkunft/Ressource	<ul style="list-style-type: none"> • weitergehend aufbereiteter Ablauf Kläranlage • Regenwasser aus Stadtentwässerung 	
Kerneigenschaft / Kurzbeschreibung	<ul style="list-style-type: none"> • neues Gewerbegebiet am Massenheimer Weg in Planung • gegenüber ist neuer Wertstoffhof geplant • kleine/mittelständische Gewerbe- und Handwerksbetriebe • Betriebswasserversorgung aus alternativen Wasserdargeboten, wenn keine TW-Qualität erforderlich (für z. B. Toilettenspülung, Reinigungsarbeiten etc.) • Entwässerungskonzept (G 3) sieht keine Nutzung von Regenwasser vor (nur Retention und Ableitung in Eschbach) → über geplante Retentions Gründächer geht viel Regenwasser für Nutzung „verloren“ 	
Erwartete Wirksamkeit	schätzungsweise 20.000 bis 60.000 m³/a (vgl. MP4)	
Rechtliche Einordnung	grundsätzlich möglich, aber eine Nutzung kann nicht vorgeschrieben werden	
Verortung/Lage	geplantes Gewerbegebiet Massenheimer Weg	
 <p>The map shows the location of three industrial zones in Bad Homburg. A large black outline encompasses the 'Büro- und Gewerbepark Mitte' (top left), 'Büro- und Gewerbepark SÜDCAMPUS' (bottom left), and 'geplantes Gewerbegebiet Massenheimer Weg' (center right). Other labeled areas include 'Bad Homburg v.d. Höhe', 'Friedrichsdorf', 'KA Ober-Erlenbach', and 'KA am Eschbach'.</p>		
Abbildung 11: Lage der zentralen, großen Gewerbegebiete in Bad Homburg (nach O 1)		
Erwartete Umsetzbarkeit	Technisch möglich und mittel- bis langfristig umsetzbar	
<ul style="list-style-type: none"> • technisch: ja/nein/unklar • Sofort/Kurz- (1-2J)/mittel- (bis 10J)/langfristig (10J+) 		
Wirkzeitraum ab Umsetzung Ab wann treten Wirkungen nachhaltig auf?	sofort	
Untersuchungsbedarf	<ul style="list-style-type: none"> • tatsächlicher Wasserbedarf und Substitutionspotenzial • Qualitätsanforderungen abhängig von Nutzung 	
Querverweise/Synergien	<ul style="list-style-type: none"> • Ausweitung auf bestehende Gewerbegebiete denkbar → Betriebswassernetz Bad Homburg • Potenzielle Erweiterung Büro- und Gewerbepark Mitte (als Modellvorhaben) 	

3.2.1.6 Steckbrief: Betriebswassernutzung städtische Liegenschaften

Maßnahme	Betriebswassernutzung städtische Liegenschaften	13
Maßnahmenart	Bedarfsseitiger Baustein	
Maßnahmentyp	<ul style="list-style-type: none"> • Technisch 	
Quelle/Herkunft/Ressource	<ul style="list-style-type: none"> • Regenwasser • Grauwasser 	
Kerneigenschaft / Kurzbeschreibung	<ul style="list-style-type: none"> • Betriebswassernutzung in städtischen Liegenschaften (für z. B. Toilettenspülung, Bewässerung, Reinigungsarbeiten etc.) • im Bestand ist eine Umrüstung auf ein 2-Leitungsnetz erforderlich (TW und BW) • Grauwassernutzung erfordert zusätzlich ein getrenntes Ableitungssystem 	
Erwartete Wirksamkeit	schätzungsweise ca. 7.000 m ³ /a (Angaben durch FB 65.3, Mail 21.07.2022) <ul style="list-style-type: none"> • ca. 11 l/(Beschäftigte · d) → 30 % Einsparpotenzial (G 1) 	
Rechtliche Einordnung	Grauwassernutzung: DWA-A 272 und DWA-M 277	
Verortung/Lage	städt. Liegenschaften: Verwaltungsgebäude, KITAs, Betriebs-hof, öffentliche Gebäude (Bürgerhäuser, Sporthallen etc.)	
		
Abbildung 12: Städtische Liegenschaften mit Einsparpotenzial > 100 m ³ /a (nach O 1 und Angaben durch FB 65.3, Mail 21.07.2022)		
Erwartete Umsetzbarkeit	Umsetzbarkeit unklar → gebäudespezifisch (z. B. Denkmalschutz etc.), Zeitrahmen mittel- bis langfristig <ul style="list-style-type: none"> • technisch: ja/nein/unklar • Sofort/Kurz- (1-2J)/mittel- (bis 10J)/langfristig (10J+) 	
Wirkzeitraum ab Umsetzung	sofort	
Ab wann treten Wirkungen nachhaltig auf?		
Untersuchungsbedarf	<ul style="list-style-type: none"> • Machbarkeitsstudie zu ausgewählten Gebäuden 	
Querverweise/Synergien	Best-Practice: <ul style="list-style-type: none"> • Heinrich-Roller-Grundschule Berlin-Pankow (Nolde et al. 2007) 	

3.2.2 Nutzung alternativer Ressourcen

Im Stadtgebiet sind im Wesentlichen zwei Arten von alternativen Wasserdargeboten identifiziert worden (G 1), die für eine Betriebswasserversorgung in Frage kommen: Niederschlagswasser und Abwasser. Beide übergeordneten Dargebote unterscheiden sich wiederum in der zeitlichen und lokalen Verfügbarkeit sowie in ihrer Beschaffenheit. Während Abwasser als Spülwasser aus Trinkwasser-Aufbereitungsanlagen oder als kommunales Abwasser (dezentral als Grauwasser oder zentral als Kläranlagenablauf) zur Verfügung steht, fällt Niederschlagswasser entweder dezentral auf Privatgrundstücken an oder wird semi-zentral in Regenwasserkanälen städtischer Trennsysteme gesammelt.

Die in diesen Maßnahmen potenzielle Wirksamkeit ist nicht direkt gleich der Wassereinsparung, sondern als die zur Verfügung stehende Wassermenge (Dargebot) zu verstehen. Die Dargebote unterscheiden sich erheblich voneinander. Die Spanne reicht von 27.500 m³/a Spülwasser aus der Trinkwasseraufbereitung bis zu 7 Mio. m³/a Kläranlagenablauf. Bei Niederschlagswasser ist das Dargebot abhängig von der betrachteten Fläche sowie dem Abflussbeiwert der jeweiligen Oberflächen. Eine pauschale Aussage kann daher nicht getroffen werden; es ist eine Einzelfall-Betrachtung erforderlich.

Um die alternativen Wasserressourcen nutzen zu können, ist eine Aufbereitung erforderlich. Die Art der Aufbereitung richtet sich nach der Beschaffenheit des Wassers. Hier besteht vor einer Umsetzung der Maßnahme dringender Untersuchungsbedarf in Form eines Messprogramms. Zudem sind Machbarkeitsstudien notwendig, um die bauliche und verfahrenstechnische Umsetzung zu prüfen.

Die Maßnahmen zur Nutzung alternativer Ressourcen werden in den folgenden Unterkapiteln in Form von Steckbriefen vorgestellt.

3.2.2.1 Steckbrief: Nutzung Spülwasser TW-Aufbereitung

Maßnahme	Nutzung Spülwasser TW-Aufbereitung	14
Maßnahmenart	Dargebotsseitiger Baustein	
Maßnahmentyp	<ul style="list-style-type: none"> • Technisch 	
Quelle/Herkunft/Ressource	<ul style="list-style-type: none"> • Klarwasser aus Absetzbecken 	
Kerneigenschaft / Kurzbeschreibung	<ul style="list-style-type: none"> • Spülwasser (als Schlammwasser) aus Filterrückspülung wird in Absetzbecken zu Klarwasser aufbereitet • derzeit wird Klarwasser in Vorfluter bzw. Kanalisation eingeleitet • Qualität des Klarwassers ist wahrscheinlich ausreichend, um ohne weitere Aufbereitung zu bewässern 	
Erwartete Wirksamkeit	ca. 27.500 m ³ /a (G 1)	
Rechtliche Einordnung	Umsetzung möglich	
Verortung/Lage	Drei Trinkwasseraufbereitungsanlagen (Dargebot, gerundet) (G 1): Wasserwerk Braumannstollen: (7.800 m ³ /a) Wasserwerk Elisabethenstollen: (8.200 m ³ /a) Wasserwerk Güdensöllerweg: (11.500 m ³ /a)	

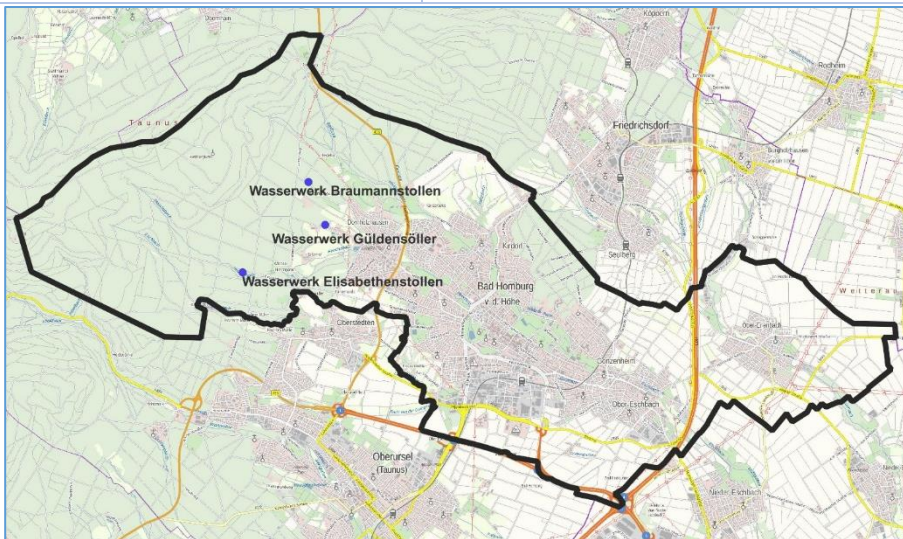


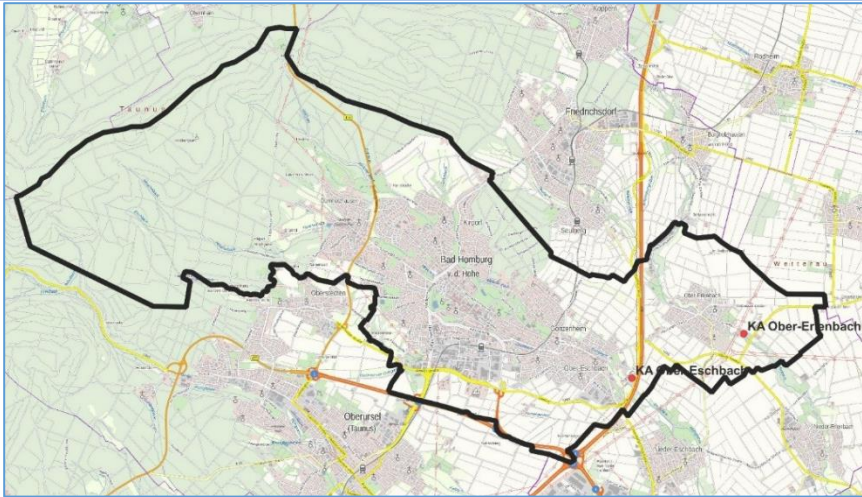
Abbildung 13: Trinkwasseraufbereitungsanlagen mit nutzbarem Spülwasser-Dargebot (nach O 1)

Erwartete Umsetzbarkeit	Technisch möglich und je nach Art der Verteilung sofort bis kurzfristig umsetzbar
<ul style="list-style-type: none"> • technisch: ja/nein/unklar • Sofort/Kurz- (1-2J)/mittel- (bis 10J)/langfristig (10J+) 	
Wirkzeitraum ab Umsetzung Ab wann treten Wirkungen nachhaltig auf?	sofort
Untersuchungsbedarf	-
Querverweise/Synergien	-

3.2.2.2 Steckbrief: Nutzung Regenwasser Stadtentwässerung

Maßnahme	Nutzung Regenwasser Stadtentwässerung	15
Maßnahmenart	Dargebotsseitiger Baustein	
Maßnahmentyp	<ul style="list-style-type: none"> • Technisch 	
Quelle/Herkunft/Ressource	<ul style="list-style-type: none"> • Regenwasser aus Trennkanalisation 	
Kerneigenschaft / Kurzbeschreibung	<ul style="list-style-type: none"> • Bad Homburg verfügt über ca. 30 RW-Einzugsgeb. (O 2) • Speicherung und Aufbereitung von Regenwasser aus der Trennkanalisation (Regenwasser-Kanal) • Aufbereitungsmaßnahmen abhängig von Qualität und Qualitätsanforderungen auf der Nutzungsseite • Mindestens erforderliche Aufbereitung aus Feststoffabtrennung und Desinfektion, ggf. weitere Schritte wie biologische Behandlung erforderlich (Nolde et al. 2007; Nolde 2011) • zusätzlich wird Verteilungssystem benötigt 	
Erwartete Wirksamkeit	unklar	
Rechtliche Einordnung	grundsätzlich möglich	
Verortung/Lage	siehe Abbildung 14	
<p>The figure consists of a map on the left and a flowchart on the right. The map shows the city of Bad Homburg with various catchment areas (Einzugsgebiete) outlined in black and labeled with codes like H1, H2, H3, H4, H5, H6, H7, H8, H9, H10, H11, H12, H13, H14, H15, H16, H17, H18, H19, H20, H21, H22, H23, H24, H25, H26, H27, H28, H29, H30. The flowchart on the right shows the process: 'RW-Einzugsgeb.' leads to 'Abscheidung Feststoffe', which leads to 'RW-Speicher', which leads to 'Desinfektion', which finally leads to 'Verteilung'.</p>		
Abbildung 14: Regenwasser-Einzugsgebiete (links, nach O 1 und O 2) und mind. erforderliche Verfahrensschritte zur Nutzung (rechts, (Nolde et al. 2007; Nolde 2011))		
Erwartete Umsetzbarkeit <ul style="list-style-type: none"> • technisch: ja/nein/unklar • Sofort/Kurz- (1-2J)/mittel- (bis 10J)/langfristig (10J+) 	Technische Umsetzung abhängig von Platzverhältnissen zur Implementierung von RW-Rückhalte-/Speicherbecken und Aufbereitung, mittel- bis langfristig umsetzbar	
Wirkzeitraum ab Umsetzung Ab wann treten Wirkungen nachhaltig auf?	sofort	
Untersuchungsbedarf	<ul style="list-style-type: none"> • Wasserdargebot und -qualität (inkl. Fehllanschlüsse Schmutzwasser) • Status der Trennsysteme (aktiv/inaktiv) • Möglichkeiten der Speicherung, Behandlung, Verteilung • Auswirkungen fehlendes Wasser in Bächen (Gewässerökologie) 	
Querverweise/Synergien	-	

3.2.2.3 Steckbrief: Nutzung Klarwasser Ablauf Kläranlage

Maßnahme	Nutzung Klarwasser Ablauf Kläranlage	16
Maßnahmenart	Dargebotsseitiger Baustein	
Maßnahmentyp	<ul style="list-style-type: none"> • Technisch 	
Quelle/Herkunft/Ressource	<ul style="list-style-type: none"> • Klarwasser Ablauf Kläranlage Ober-Eschbach 	
Kerneigenschaft / Kurzbeschreibung	<ul style="list-style-type: none"> • Kläranlage Bad Homburg/Ober-Eschbach wird derzeit erweitert und eine verbesserte Ablaufqualität ist zu erwarten (durch Einsatz von Membranbioreaktor (MBR) mit Pulveraktivkohledosierung) (G 4) • weitergehende Aufbereitung zur Herstellung von Betriebswasser • Aufbereitungsschritte abhängig von benötigter Qualität • zusätzlich wird Verteilungssystem benötigt 	
Erwartete Wirksamkeit	Ablaufmenge KA: 7 Mio. m ³ /a (20.000 m ³ /d) (G 1)	
Rechtliche Einordnung	EU-WasserWVVO (2020) sieht Wiederverwendung von behandeltem kommunalem Abwasser vor: landwirtschaftliche Bewässerung, industrielle Zwecke und Zwecke aus Freizeit & Umwelt; nur Qualitätsanforderungen für Landwirtschaft („aufbereitetes Wasser“); weitere Nutzungen durch die EU-Staaten selbst zu regeln; → konkrete Vorgaben zur Aufbereitung fehlen	
Verortung/Lage	Kläranlage Bad Homburg/Ober-Eschbach	
 <p>The map shows the area around Bad Homburg, Hesse, Germany. A thick black line outlines the city's boundary. Two wastewater treatment plants are marked with red dots and labeled: 'KA Ober-Eschbach' and 'KA Ober-Erlenbach'. The map also shows surrounding areas like Friedrichsdorf and Oberursel (Taunus).</p>		
Abbildung 15: Kläranlagen in Bad Homburg (nach O 1)		
Erwartete Umsetzbarkeit	Technisch möglich und mittel- bis langfristig umsetzbar	
<ul style="list-style-type: none"> • technisch: ja/nein/unklar • Sofort/Kurz- (1-2J)/mittel- (bis 10J)/langfristig (10J+) 		
Wirkzeitraum ab Umsetzung Ab wann treten Wirkungen nachhaltig auf?	sofort	
Untersuchungsbedarf	<ul style="list-style-type: none"> • tatsächliche Qualität Ablauf MBR nach Inbetriebnahme → Behandlungsbedürftigkeit bestimmt Aufbereitung • Akzeptanz Nutzerseite • Auswirkungen auf Eschbach durch verringerte Einleitung • rechtliche Lage 	
Querverweise/Synergien	<ul style="list-style-type: none"> • stadtweites Betriebswassernetz denkbar 	

3.2.2.4 Steckbrief: Nutzung Regenwasser Privatgrundstücke

Maßnahme	Nutzung Regenwasser Privatgrundstücke	17
Maßnahmenart	Dargebotsseitiger Baustein	
Maßnahmentyp	<ul style="list-style-type: none"> • Technisch 	
Quelle/Herkunft/Ressource	<ul style="list-style-type: none"> • Privatgrundstücke im gesamten Stadtgebiet 	
Kerneigenschaft / Kurzbeschreibung	<ul style="list-style-type: none"> • Speicherung von unbelastetem Regenwasser in Zisternen • Nutzung als Betriebswasser (Toilettenspülung, Bewässerung, Reinigung) • bei Nutzung nur für Bewässerung steht Nachspeisung mit Trinkwasser im Konflikt mit Einsparung von Trinkwasser 	
Erwartete Wirksamkeit	unklar (abhängig vom Grundstück, Zisternengröße, Anzahl errichteter Zisternen)	
Rechtliche Einordnung	<ul style="list-style-type: none"> • Regenwassernutzung kann Personen durch Gemeindecapsetzungen gemäß §37 (4) HWG (2021) vorgeschrieben und in den Bebauungsplan aufgenommen werden (Bsp.: Kronberg, Oberursel, Königstein (Stadt Kronberg 2005; Stadt Königstein 2020; Stadt Oberursel 2017) • HBO bietet jedoch keine Möglichkeit ein Betriebswasser-netz innerhalb eines Gebäudes vorzuschreiben (Hinz 2021) 	
Verortung/Lage	dezentral: Wohngebiete, insb. Wohnhäuser mit Garten	
<p>Beispiel einer Regenwasser-Nutzungsanlage</p>		
Abbildung 16: Schema einer häuslichen Regenwassernutzung (RWP Die Regenprofis)		
Erwartete Umsetzbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> • technisch: ja/nein/unklar • Sofort/Kurz- (1-2J)/mittel- (bis 10J)/langfristig (10J+) 	
Wirkzeitraum ab Umsetzung	Für Toilettenspülungen bei Neubauten mit geringem Aufwand möglich; im Bestand technisch möglich, aber mit hohem Aufwand. Nutzung für Bewässerung mit geringem Aufwand. → kurz- bis mittelfristig umsetzbar	
Untersuchungsbedarf	sofort <ul style="list-style-type: none"> • Bedarf und Nachfrage (Erhebung durch Stadt) • Finanzierungsmöglichkeiten (Förderung) • Kosten-Nutzen-Analyse für Nachrüstung im Bestand 	
Querverweise/Synergien	<ul style="list-style-type: none"> • Betrachtung für ein Modellquartier im Bestand 	

3.2.2.5 Steckbrief: Nutzung von Grau- oder Regenwasser

Maßnahme	Implementierung von Grauwasseraufbereitungsanlagen oder Regenwasserspeichern	18
Maßnahmenart	Dargebotsseitiger Baustein	
Maßnahmentyp	<ul style="list-style-type: none"> • Technisch 	
Quelle/Herkunft/Ressource	<ul style="list-style-type: none"> • schwach belastetes Grauwasser • gering belastetes Regenwasser • von städtischen Liegenschaften, Gewerbebetrieben und Bürogebäuden 	
Kerneigenschaft / Kurzbeschreibung	<ul style="list-style-type: none"> • dezentrale Aufbereitung von schwach belastetem Grauwasser zur Wiederverwendung (inkl. 2-Stoffstromsystem) • Kombination von GW-Recycling mit Wärmerückgewinnung zur Warmwasserbereitung denkbar • Mehrkosten in Mehrfamilienhaus (Neubau) für GW-Aufbereitungsanlage inkl. Rohrleitungen und Wärmerückgewinnung ca. 20 €/m² Wohnfläche bzw. 2.000 €/Wohneinheit (Nolde 2021) • Alternativ: Speicherung von gering belastetem Niederschlagswasser von Dachflächen in Zisternen • Nutzung als Betriebswasser (Toilettenspülung, Reinigungsarbeiten, Bewässerung) 	
Erwartete Wirksamkeit	unklar	
Rechtliche Einordnung	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Grauwassernutzung</u>: DWA-A 272 und DWA-M 277 • <u>HBO</u> bietet jedoch keine Möglichkeit ein Betriebswassernetz innerhalb eines Gebäudes vorzuschreiben (Hinz 2021) 	
Verortung/Lage	<ul style="list-style-type: none"> • <u>dezentral</u>: Büro-/Verwaltungsgebäude, Hotels, große Wohnhäuser/-anlagen; • <u>semizentrale</u> Aufbereitung durch Zusammenschluss mehrerer Nutzer denkbar 	
Erwartete Umsetzbarkeit	Für Neubauprojekte technisch umsetzbar, allerdings im Bestand mit hohem Aufwand und Kosten. → mittel- bis langfristig umsetzbar	
<ul style="list-style-type: none"> • technisch: ja/nein/unklar • Sofort/Kurz- (1-2J)/mittel- (bis 10J)/langfristig (10J+) 		
Wirkzeitraum ab Umsetzung Ab wann treten Wirkungen nachhaltig auf?		
Untersuchungsbedarf	<ul style="list-style-type: none"> • Identifizierung potenzieller Standorte/Nutzer (städtische Liegenschaften oder Unternehmen) 	
Querverweise/Synergien	<ul style="list-style-type: none"> • Betrachtung für ein Modellquartier im Bestand • Betrachtung in Neubaugebieten/-projekten bzw. bei Nachverdichtung 	

3.2.2.6 Steckbrief: Weitere Untersuchungen in Modellquartieren

Maßnahme	Schaffung Modellquartier	19
Maßnahmenart	Dargebots- und Bedarfsseitiger Baustein	
Maßnahmentyp	<ul style="list-style-type: none"> organisatorisch 	
Quelle/Herkunft/Ressource	<ul style="list-style-type: none"> Grauwasser Regenwasser 	
Kerneigenschaft / Kurzbeschreibung	<ul style="list-style-type: none"> Identifizierung eines bestehenden Wohn- und/oder Gewerbequartiers, in dem transformative Maßnahmen zur Betriebswassergewinnung und -nutzung in einer Fallstudie untersucht sowie daran anknüpfend geplant und umgesetzt werden können Auswahl Modellquartier: möglichst Quartier mit hoher Entwicklungsdynamik und geringem Transformationsaufwand (z. B. Nachverdichtung oder anstehende Sanierungen) (Davoudi et al. 2016) Ziel: Implementierung von Maßnahmen zur Reduktion des Trinkwasserverbrauchs sowie Substitution des Trinkwassers durch Betriebswasser aus alternativen Wasserdargeboten in bestehenden Quartieren 	
Erwartete Wirksamkeit	unklar	
Rechtliche Einordnung	-	
Verortung/Lage	<u>bestehendes</u> Wohn- und/oder Gewerbequartier	
Erwartete Umsetzbarkeit <ul style="list-style-type: none"> technisch: ja/nein/unklar Sofort/Kurz- (1-2J)/mittel- (bis 10J)/langfristig (10J+) 	Die theoretische Betrachtung ist möglich, jedoch ist eine praktische Umsetzung von diversen Akteuren (Stadt, Eigentümer Wohnhäuser, Gewerbe etc.) abhängig.	
Wirkzeitraum ab Umsetzung Ab wann treten Wirkungen nachhaltig auf?	mittel- bis langfristig (erst nach praktischer Umsetzung)	
Untersuchungsbedarf	<ul style="list-style-type: none"> Identifikation eines geeigneten Quartiers Bestandsanalyse (Wasserdargebot und -bedarf, Einsparpotenzial, Infrastruktur, Stakeholder) technische und organisatorische Maßnahmen 	
Querverweise/Synergien	Best-Practice (Nolde et al. 2007): <ul style="list-style-type: none"> GSW-Siedlung Lankwitz in Berlin (Steglitz-Zehlendorf) Block 103 in Berlin (Friedrichshain-Kreuzberg) 	

3.2.3 Kombination von Maßnahmen in Maßnahmenpaketen (MP)

Aus den technischen Maßnahmensteckbriefen wurden sechs Maßnahmenpakete (MP1 bis MP6) abgeleitet, welche im Folgenden erläutert werden.

3.2.3.1 MP1: Bewässerung Stadtgrün

Die Bewässerung von Stadtgrün erfolgt durch den Betriebshof Bad Homburg. Es werden zukünftig bis zu 3.000 m³ Bewässerungswasser jährlich von April bis September benötigt, um

Bäume und Pflanzkübel im gesamten Stadtgebiet zu bewässern (G 1). In MP1 wird vorgesehen, dass dieser Bedarf durch Klarwasser aus der Trinkwasseraufbereitungsanlage Elisabethenstollen gedeckt wird. Durch die Aufbereitung in Absetzbecken fallen hier während der Bewässerungsperiode ca. 3.450 m³/a an nutzbarem Wasser an (G 1). Eine Zapfstelle für städtische Tanklastwagen (Entnahmeleitung und -pumpe) muss installiert werden, um das Klarwasser aus dem Absetzbecken zu entnehmen.

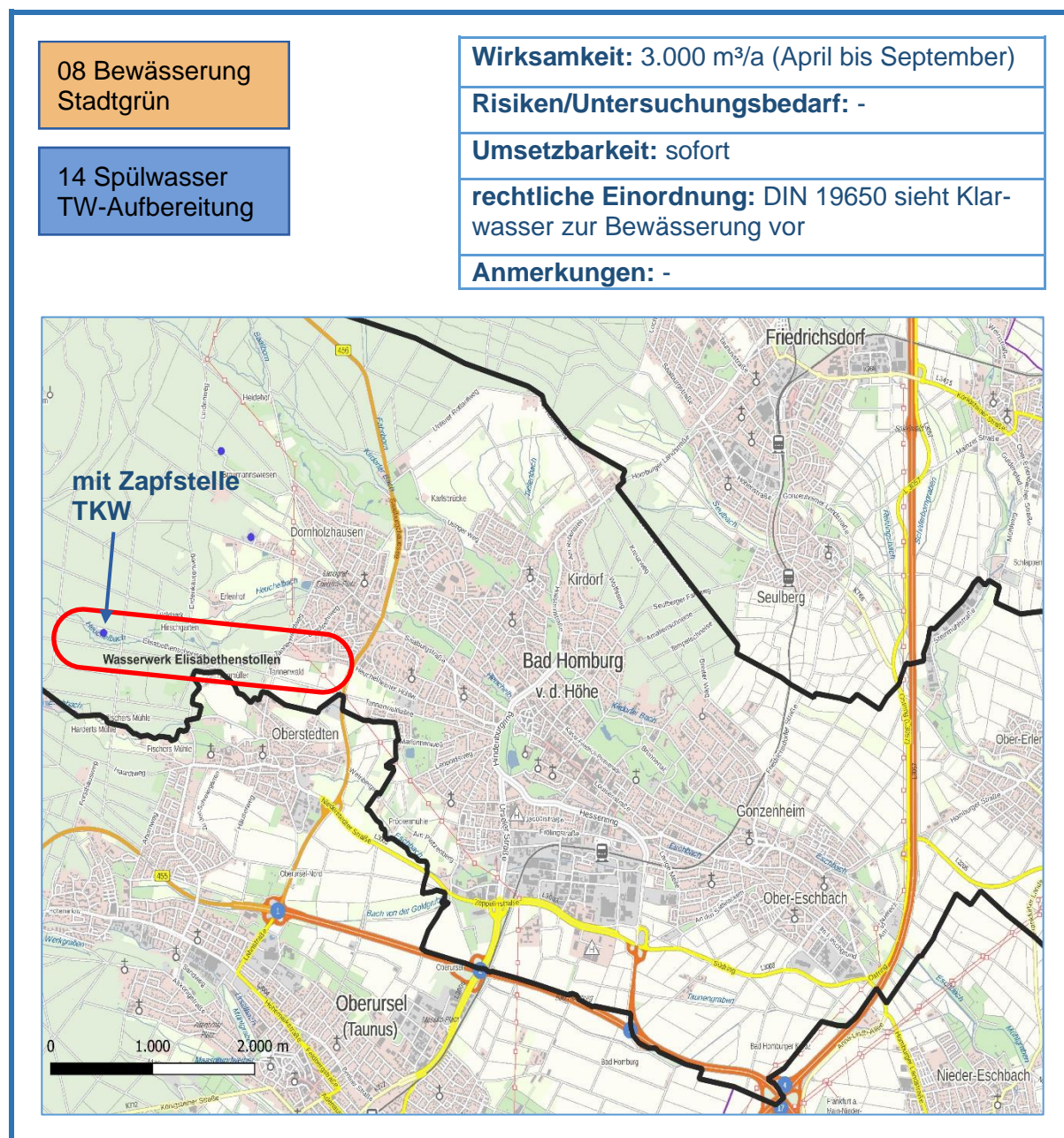


Abbildung 17: Übersicht Maßnahmenpaket MP1 „Bewässerung Stadtgrün“

3.2.3.2 MP2: Bewässerung Golfplatz

Der Golfplatz Bad Homburg („New Course“) liegt im Nordwesten der Stadt und rechnet mit einem zukünftigen Bewässerungsbedarf von ca. 36.000 m³/a, welcher nach derzeitigem Stand nur aus Trinkwasser gedeckt werden kann (vgl. Steckbrief #09).

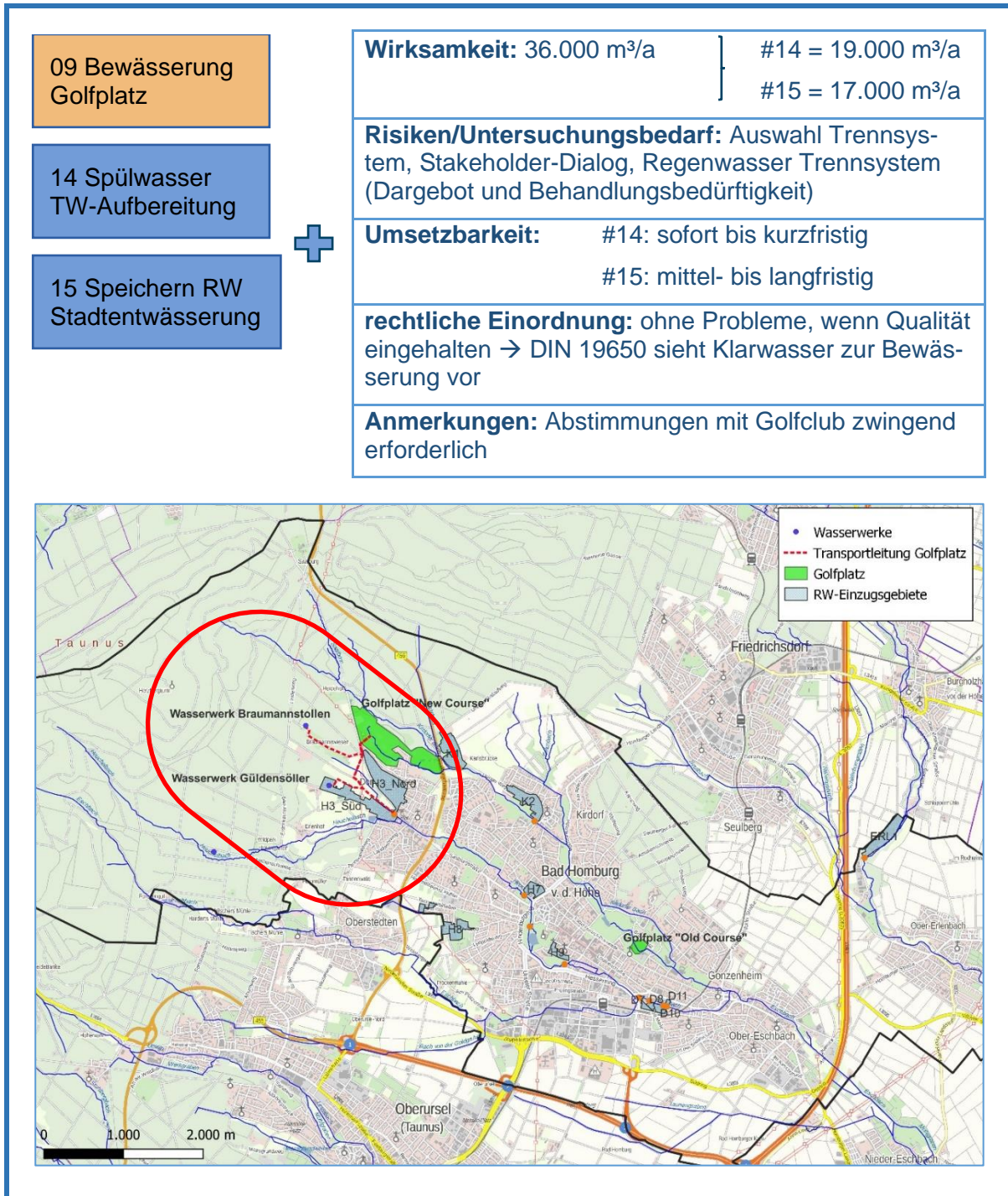


Abbildung 18: Übersicht Maßnahmenpaket MP2 „Bewässerung Golfplatz“

In MP 2 ist geplant, diesen Trinkwasserbedarf zu substituieren und aus zwei alternativen Wasserdargeboten zu decken. Es können ca. 19.000 m³/a aus Spülwasser der Trinkwasseraufbereitungsanlagen Braumannstollen und Güldensöllerweg entnommen werden (vgl. Steckbrief #14). Die restlichen 17.000 m³/a sollen aus Regenwasser aus der Trennkanalisation gewonnen werden (vgl. Steckbrief #15). In räumlicher Nähe zum Golfplatz liegen die RW-Einzugsgebiete K1 und H3, wobei K1 bereits in MP3 für die Gewinnung von Betriebswasser vorgesehen wird. Zudem reicht der nördliche Teil des Einzugsgebiets H3 aus, um den Bedarf zu decken (siehe unten).

Versorgung mit Klarwasser aus Trinkwasseraufbereitungsanlage

Das Spülwasser aus den Trinkwasseraufbereitungsanlagen (TW-ABA) wird in Absetzkammern behandelt und im Bestand in die Kanalisation oder einen Vorfluter eingeleitet. In MP2 ist vorgesehen, dass das Klarwasser mit Pumpen direkt aus den Absetzbecken abgezogen und über Rohrleitungen zum Golfplatz transportiert wird. Dort kann es in der vorhandenen bzw. zur Erweiterung geplanten Speicherinfrastruktur gespeichert werden (G 2). Abbildung 19 zeigt eine mögliche Umsetzung. Dabei werden ca. 1.300 m Rohrleitung von der TW-ABA Braumannstollen (Freispiegel möglich) und ca. 1.200 m Druckrohrleitung von der TW-ABA Güldensöllerweg (Höhendifferenz ca. 6 m) zum Golfplatz geführt. Die Transportrohrleitungen müssen frostsicher verlegt werden, um das Dargebot ganzjährig nutzen zu können.



Abbildung 19: Übersichtslageplan MP2 Versorgung Golfplatz mit Klarwasser aus Trinkwasseraufbereitungsanlage

Versorgung mit Regenwasser aus der Stadtentwässerung

Das zweite Dargebot wird aus dem Regenwassereinzugsgebiet H3 gewonnen. In Abbildung 20 ist das Einzugsgebiet dargestellt. Es teilt sich jeweils in ein Sammelsystem nördlich und südlich des Bachs aus den Braumannswiesen auf, in welchen das gesammelte Regenwasser eingeleitet wird. Die Fläche des nördlichen Teils von H3 reicht aus, um den Bedarf an Bewässerungswasser zu decken (ca. 148.000 m²). Bei einem geschätzten Abflussbeiwert von 0,3 und in der Bestandsaufnahme verwendeten Regenreihen werden ca. 25.000 m³/a dargeboten. Das dort anfallende Niederschlagswasser wird aus dem Sammelkanal entnommen, aufbereitet und gespeichert, bevor es mittels Transportpumpen zum Golfplatz gepumpt wird.

Nach der Entnahme wird das Niederschlagswasser vor Ort aufbereitet und zwischengespeichert (vgl. Fließschema in Abbildung 14), bevor es weiter zum Golfplatz transportiert werden kann. Der Speicher mit einem geschätzten Volumen von 300 m³ dient als Regenrückhalt und ist unterirdisch als Betonspeicher auszuführen. Die Machbarkeit den Speicher zu errichten, muss vor einer Umsetzung geprüft werden (voraussichtliche Lage nahe der Einleitstelle im Bereich der Bushaltestelle Landgraf-Friedrich-Platz). Die Transport-Rohrleitung von ca. 1.300 m Länge wird frostfrei verlegt, um ganzjährig das Niederschlagswasser gewinnen zu können. Es ist ein Höhenunterschied von ca. 35 m zu überwinden.



Abbildung 20: Übersichtslageplan MP2 Versorgung Golfplatz mit Regenwasser aus dem Trennsystem H3 (in taubengrau)

3.2.3.3 MP3: Bewässerung Sportanlagen

Die sechs Sportanlagen in Bad Homburg verwenden für die Bewässerung der Sportplätze derzeit Trinkwasser, welches durch Betriebswasser substituiert werden soll. Im vorliegenden Maßnahmenpaket können jedoch nicht alle Sportanlagen berücksichtigt werden, da entweder kein alternatives Dargebot in der Umgebung verfügbar ist (Sportplatz Lange Meile) oder der Sportplatz in einem anderen Maßnahmenpaket berücksichtigt wird (Sportanlage Ober-Eschbach in MP4), sodass sich eine Trinkwassereinsparung von ca. 15.900 m³/a ergibt.

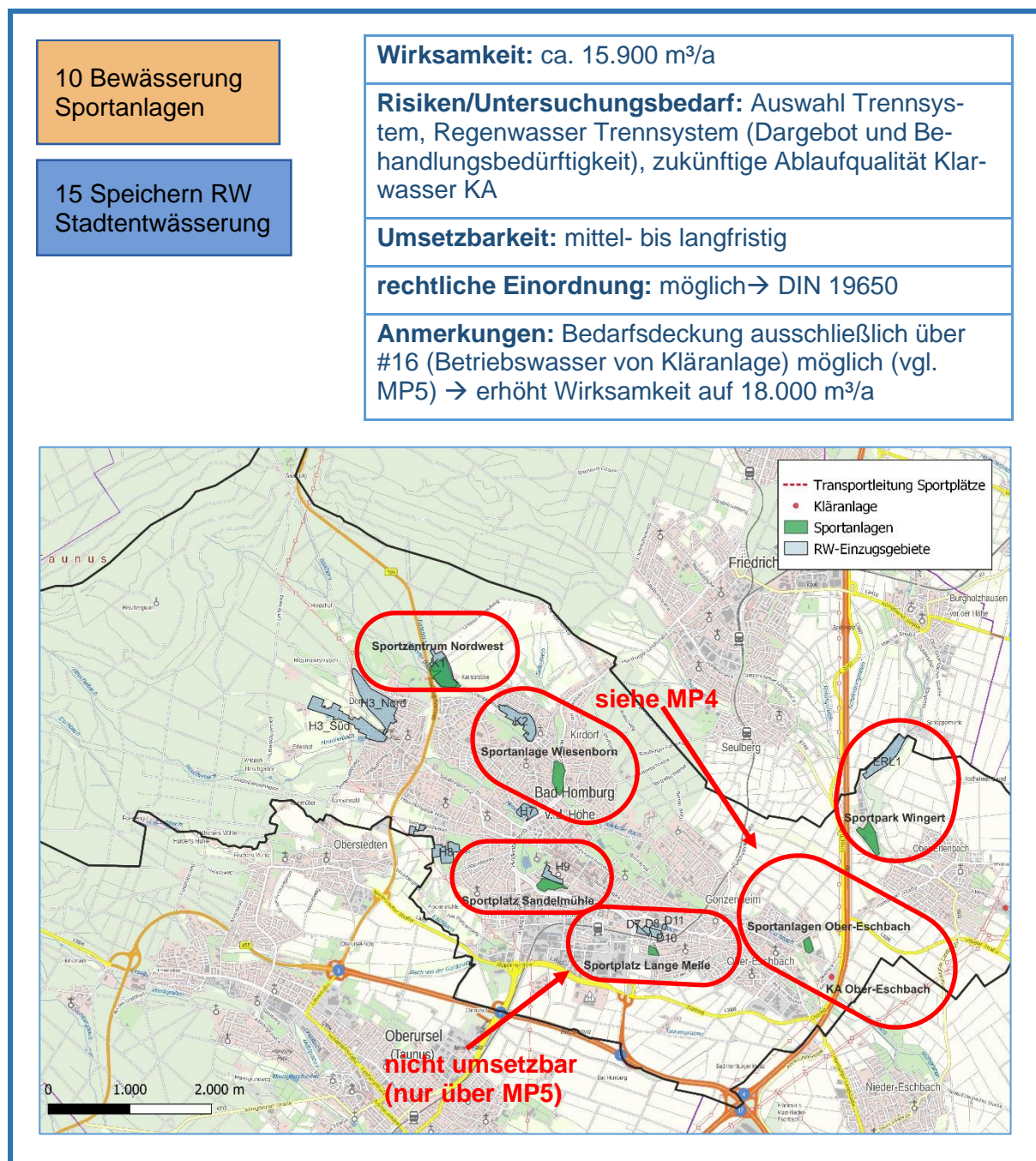


Abbildung 21: Übersicht Maßnahmenpaket MP3 „Bewässerung Sportanlagen“

Als alternatives Wasserdargebot für die Bewässerung wird Niederschlagswasser aus verschiedenen Trennsystemen vorgesehen, die sich jeweils in der Umgebung der Sportanlagen befinden (siehe Abbildung 21). In Tabelle 4 ist eine Übersicht der wesentlichen Bemessungsparameter gegeben, die für eine Umsetzung von MP3 erforderlich sind. Die Fläche der Regenwassereinzugsgebiete wurde auf Grundlage eines Übersichtslageplans (O 2) mit Hilfe des Geoinformationssystems QGIS ermittelt. Das Niederschlagswasserdargebot ergibt sich aus der angegebenen Gesamtfläche und einem geschätzten Abflussbeiwert von 0,3 sowie der im Zwischenbericht der Bestandsaufnahme verwendeten Regenreihen (G 1). Genauere Informationen zu den RW-Einzugsgebieten lagen nicht vor.

Das genannte Dargebot bezieht sich jeweils auf die Bewässerungsperiode von April bis September. Die Speichergröße wurde unter der Annahme festgelegt, dass eine Speicherfüllung für drei Wochen ohne Regen ausreicht, wobei von einer Bewässerung der Sportplätze alle drei Tage ausgegangen wird (Sportplatzwelt® o.J.). Das Speichervolumen ist demnach ausreichend für sieben Beregnungsgänge.

Die Bewässerung des Sportparks Wingert erfolgt aus dem Dargebot des Einzugsgebiets H9, welches jedoch nicht ausreicht, um den vollständigen Bewässerungsbedarf zu decken. Somit wird bei der Berechnung der Wirksamkeit für diesen Fall nicht der Bewässerungsbedarf, sondern das limitierende, verfügbare Wasserdargebot verwendet. Bei den weiteren Sportanlagen reicht das Dargebot der RW-Einzugsgebiete aus, um den Bedarf zu decken.

Tabelle 4: Bemessung Regenwasserspeicher zur Sportanlagen-Bewässerung

Sportanlage	Bedarf	RW-Einzugsgebiet	Fläche	Dargebot	Speichergröße	Art Entnahme
-	[m ³ /a]	-	[m ²]	[m ³ /BP]*	[m ³]	-
Sportzentrum Nordwest	6.200	K1	88.000	7.700	2.200	aus Kanal
Sportanlage Wiesenborn	3.500	K2	77.000	6.790	1.050	aus Bach
Sportplatz Sandelmühle	3.700	H9	21.000	3.080	1.200	aus Kanal
Sportpark Wingert	3.100	ERL1	77.000	6.750	1.000	aus Bach

* BP = Bewässerungsperiode

Die erforderlichen Verfahrensschritte für die Gewinnung des Regenwassers aus der Trennkana-
 lisation sind in Abbildung 22 dargestellt. Das Regenwasser aus dem Trennsystem wird ent-
 weder aus dem Sammelkanal oder aus dem Bach entnommen, in welchen das Niederschlags-
 wasser eingeleitet wird. Dabei ist zu betonen, dass nur die Menge an Wasser aus dem Bach
 entnommen werden soll, wie im jeweiligen Regenwasser-Einzugsgebiet gefallen und über die
 Trennkana- lisation in den Bach eingeleitet worden ist. Bei dieser Variante dient der Bach ledig-
 lich als Transportmedium vom Trennsystem zum Ort der Speicherung. Diese Art der Nieder-
 schlagswasser-Gewinnung erfordert eine messtechnische Überwachung und Steuerung. Eine
 Vorreinigung zur Abscheidung der Feststoffe kann z. B. über einen Lamellenklärer vor dem
 Zulauf in die Beton-Zisterne erfolgen, in der das Regenwasser rückgehalten und zwischenge-
 speichert wird. Das Regenwasser wird von dort mit Tauchmotorpumpen entnommen, mittels
 einer UV-Desinfektion hygienisiert und in einen Tagesspeicher gepumpt. Von dort kann das
 Betriebswasser über Bewässerungspumpen entnommen werden. Die genannten Verfahrenss-
 chritte stellen eine Mindestaufbereitung dar. In Untersuchungen zur Qualität des Regenwas-
 sers ist das Behandlungserfordernis festzustellen. Gegebenenfalls ist eine zusätzliche biolo-
 gische Behandlung erforderlich.

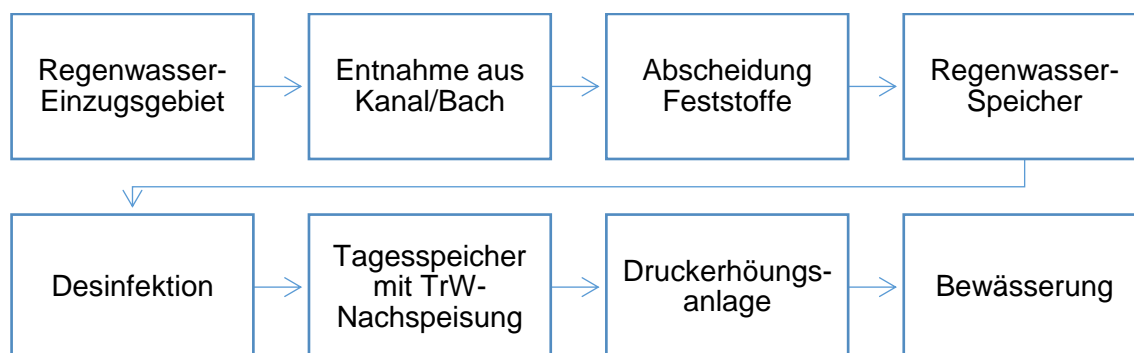


Abbildung 22: Aufbereitungs- und Speicherschnitte

Die Besonderheiten der möglichen Umsetzung der einzelnen Sportanlagen werden im Folgen-
 den beschrieben.

Sportzentrum Nordwest

Die Entnahme des Niederschlagswasser aus dem Einzugsgebiete K1 erfolgt über einen Ab-
 zweigeschacht direkt aus dem Kanal. Theoretisch können Speicher und Vorreinigung unter
 dem Parkplatz des Sportgeländes errichtet werden. Es wird angenommen, dass der Regen-
 wasserkanal ebenfalls in diesem Bereich verläuft, da die Einleitstelle (vgl. orangener Punkt in
 Abbildung 23) südwestlich am Kirdorfer Bach liegt.



Abbildung 23: Übersichtslageplan Bewässerung Sportzentrum Nordwest

Sportanlage Wiesenborn

Eine Entnahme und Speicherung von Niederschlagswasser aus dem Einzugsgebiet K2 im Bereich der Einleitstelle in den Kirdorfer Bach (vgl. orangener Punkt in Abbildung 24) wird durch die Platzverhältnisse erschwert. Durch Betrachtung von Luftbildern zeigt sich eine sehr enge Bebauung ohne größere Freiflächen, an denen eine unterirdische Errichtung einer Aufbereitungs- und Speicheranlage möglich erscheint. Daher wird vorgeschlagen den Kirdorfer Bach als Transportleitung zu nutzen und das Niederschlagswasser somit indirekt aus dem Einzugsgebiet zu entnehmen. Im Bereich des Parkplatzes kann das Wasser aus dem Bach entnommen werden. Um eine Gewässerbelastung durch übermäßige Entnahme zu vermeiden, sollte die Entnahme über einen Motorschieber geregelt werden. Auf diese Weise kann sichergestellt werden, dass nur so viel Wasser aus dem Kirdorfer Bach entnommen wird, wie aus dem Einzugsgebiet K2 eingeleitet wird (Umsetzung z. B. über eine Durchflussmessung im Regenwasserkanal).



Abbildung 24: Übersichtslageplan Bewässerung Sportanlage Wiesenborn

Sportplatz Sandelmühle

Die Entnahme von Niederschlagswasser kann analog zum Sportzentrum Nordwest direkt aus dem Regenwasserkanal des Einzugsgebiets H9 erfolgen. Auch hier wird angenommen, dass der Kanal im Bereich des Parkplatzes der Sportanlage verläuft (siehe Abbildung 25) und die Umsetzung wie oben beschrieben erfolgen kann.



Abbildung 25: Übersichtslageplan Bewässerung Sportplatz Sandelmühle

Sportpark Wingert

Auf dem Gelände des Sportparks Wingert kann eine Umsetzung wie bereits beschrieben ebenfalls durch die Entnahme von Wasser aus einem Bach (Erlenbach) erfolgen. Hierdurch wird eine lange Transportleitung von RW-Einzugsgebiet ERL1 zur Sportanlage vermieden.

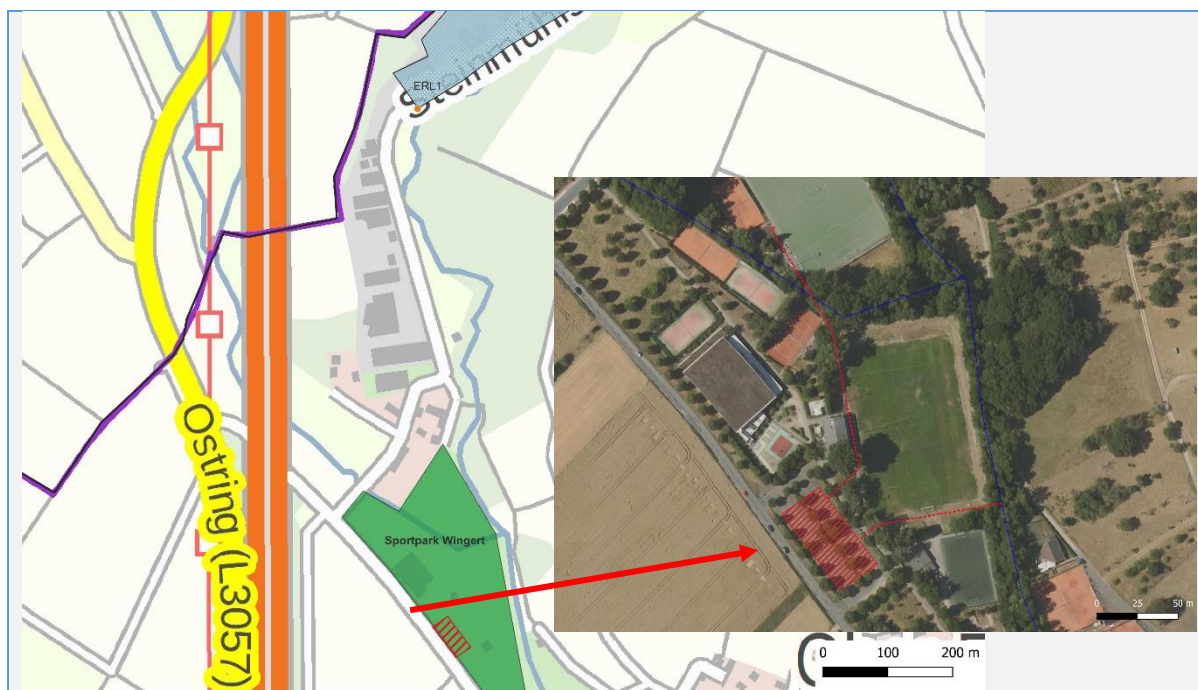


Abbildung 26: Übersichtslageplan Bewässerung Sportpark Wingert

Fazit

Das vorgestellte Konzept bedarf der Prüfung durch eine Machbarkeitsstudie. Insbesondere die Machbarkeit der baulichen Umsetzung als auch die Bestimmung des Behandlungserfordernis des Niederschlagswassers aus den Trennsystem müssen näher untersucht werden. Je nach Belastung bedarf es weiterer Aufbereitungsschritte.

Der dezentrale Ansatz führt zu einem hohen Aufwand. Daher sollten weitere Maßnahmen geprüft werden. Alternativen könnten die Speicherung und Nutzung von Oberflächenwasser (siehe Steckbrief #05), die Erschließung eines Brauchwasserbrunnens (siehe Steckbrief #06) oder des Notbrunnens "Lange Meile" als semi-zentrale Lösungen sowie die zentrale Versorgung mit Betriebswasser von der Kläranlage Bad Homburg (vgl. Steckbrief #16 oder MP6) darstellen. Ein Vorteil dieser alternativen Umsetzungen besteht in der Versorgung des Sportplatzes Lange Meile mit Bewässerungswasser, was die Wirksamkeit der Maßnahme um ca. 1.600 m³/a erhöht. Eine zusätzliche Entscheidungsgrundlage bietet Kapitel 4 mit der Bewertung der Wirtschaftlichkeit.

3.2.3.4 MP4: Betriebswassernutzung Massenheimer Weg

Das neu geplante Gewerbegebiet am Massenheimer Weg sowie die angrenzende Sportanlage Ober-Eschbach, welche im Zuge der Erschließung des Gewerbegebiets erweitert werden soll, werden in MP4 mit Betriebswasser von der nahe gelegenen Kläranlage Bad Homburg / Ober-Eschbach versorgt.

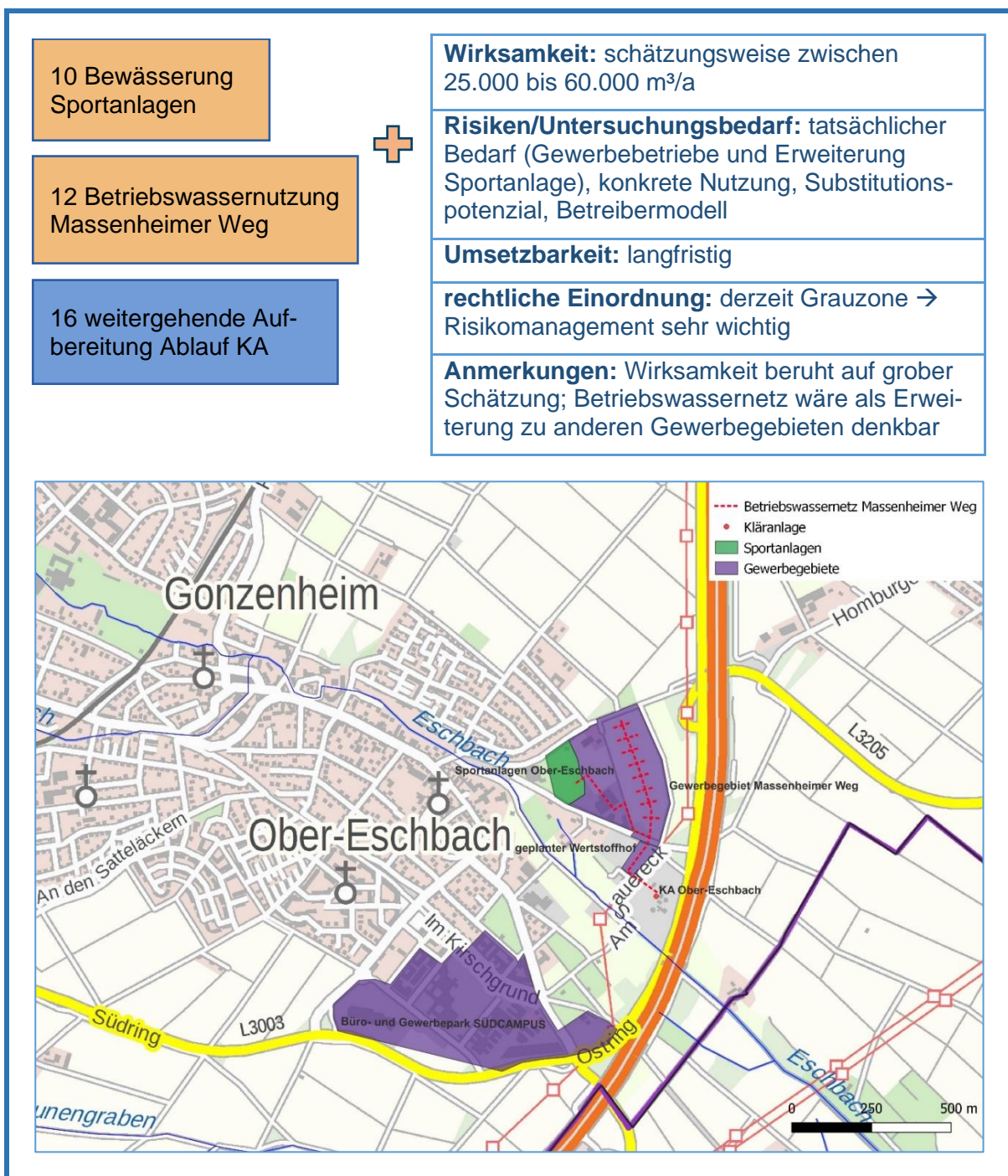


Abbildung 27: Übersicht Maßnahmenpaket MP4 „Betriebswassernutzung Massenheimer Weg“

Hierzu ist es erforderlich den Ablauf der Kläranlage weitergehend aufzubereiten, um die benötigte Betriebswasserqualität zu erreichen. Für die derzeit stattfindende Erweiterung der Kläranlage ist eine Ertüchtigung der biologischen Stufe und Nachklärung geplant. Es ist vorgesehen einen Membran-Bioreaktor (MBR) mit Ultrafiltrationsmembran (UF) und simultaner Dosierung von Pulveraktivkohle (PAK) zu implementieren, was die Ablaufqualität voraussichtlich deutlich erhöhen wird (G 4).

Gemäß Bastian et al. (2022) wird mit dieser Verfahrenskombination ein effektiver Rückhalt von pathogenen Mikroorganismen erreicht, sodass eine Qualität erreicht wird, die der EU-Richtlinie für Badegewässer (EU-Richtlinie 2006/7/EG 2006) entspricht. Die Ergebnisse weiterer Studien bestätigen den effektiven Rückhalt von Keimen durch die Behandlung mit UF (Di Zio et al. 2005; Gómez et al. 2006). Die Entfernung von Pathogenen ist nach den Erkenntnissen von Schwaller et al. (2020) jedoch nicht ausreichend, für eine Wiederverwendung des gereinigten Abwassers. Eine weitergehende Behandlung mittels einer UV-Desinfektion wird empfohlen.

Auch im Hinblick auf die Entfernung von organischen Spurenstoffen bietet die Kombination aus MBR/UF mit PAK-Dosierung einen vielversprechenden Ansatz (Löwenberg et al. 2014; Rodriguez et al. 2016; Schwaller et al. 2020; Snyder et al. 2007). Die Studien von Engelhart (G 4) und Bastian et al. (2022) zeigten für dieses Verfahren schwankende Entfernungsraten zwischen 60 bis 97 %, wobei das Potenzial vorhanden ist, die Entfernungsraten durch Nutzung anderer PAK konstant auf über 80 % zu steigern. Schwaller et al. (2020) empfehlen einen weiteren Aufbereitungsschritt zur Entfernung der Spurenstoffe. Für die Qualitätsstufe von Bewässerungswasser bietet sich neben der Aufbereitung mit UF und PAK eine zusätzliche Aufbereitung mit chemisch-oxidativen Verfahren ggf. mit biofilmgestützter biologischer Nachbehandlung (biologisch aktivierte Filtration) an, da eine zusätzliche Verfahrensoption im Sinn eines Multibarrierenkonzepts die verbliebenen Spurenstoffe weiter entfernen und den DOC nochmals signifikant absenken kann.

Auf Grundlage dieser Erkenntnisse wird empfohlen, zur Betriebswasseraufbereitung dem geplanten PAK-/MBR-Verfahren noch eine zusätzliche Stufe zur Entfernung von organischen Stoffen sowie eine Desinfektion zur Entfernung von Pathogenen nachzuschalten. Eine mögliche Aufbereitungskette von kommunalem Abwasser über ein solches Multi-Barrieren-System zeigt Abbildung 28.

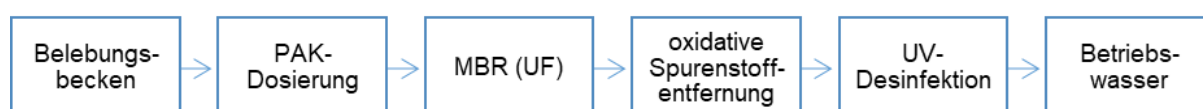


Abbildung 28: mind. erforderliche weitergehende Aufbereitungsschritte für die Gewinnung von Betriebswasser aus kommunalem Kläranlagenablauf

Neben der Aufbereitung wird ein Verteilungsnetz benötigt, welches das Betriebswasser von der Kläranlage in das Gewerbegebiet transportiert. Da die Erschließung des Massenheimer Wegs vor einer möglichen Fertigstellung der Erweiterung der Kläranlage sowie weiterer Aufbereitungsstufen zu erwarten ist, sollten bereits Vorrüstungen für mögliche Betriebswasserleitungen vorgesehen werden, auch wenn diese erst später genutzt werden können. Ein Verlauf der Rohrleitung über das Flurstück 133/7 gegenüber der Kläranlage, welches für den neuen Wertstoffhof angedacht ist, mit einer Unterquerung der Straße Massenheimer Weg (Bohrung vorsehen) in das neue Gewerbegebiet ist hierbei denkbar. Es ist eine Rohrleitungslänge von schätzungsweise 1.400 m zu erwarten.

Da noch nicht bekannt ist, welche Gewerbebetriebe sich im Massenheimer Weg ansiedeln, ist der Bedarf an Betriebswasser nur grob abschätzbar. Aus dem Entwässerungskonzept von IB Schmidt-Bregas (G 3) ergibt sich ein jährlicher Wasserverbrauch von ca. 34.000 m³/a. Wird nach Karger und Hoffman (2013) ein geringer spezifischer Wasserverbrauch von 1 l/(s·ha) bei einer angegebenen Betriebszeit von 14 h/d und 310 d/a zugrunde gelegt, ergibt sich ein deutlich höherer Verbrauch von rund 95.000 m³/a. Der Betriebswasserbedarf wird für Handwerksbetriebe größer erwartet als das in AP1 ermittelte Substitutionspotenzial von 30 % (Annahme von 60 %), da neben der WC-Spülung ebenfalls eine erhöhte Menge an Betriebswasser für Reinigungsarbeiten zu erwarten ist. Somit kann ein Betriebswasserbedarf für das Gewerbegebiet und zusätzlich der Sportanlage Ober-Eschbach zwischen 25.000 und 60.000 m³/a angenommen werden.

Da eine Nutzung von Betriebswasser nicht vorgeschrieben werden kann, sollte das Thema Betriebswassernutzung bei Verhandlungen über die Nutzung der neuen Gewerbeflächen gezielt thematisiert werden, um die Unternehmen dafür zu sensibilisieren und zu gewinnen.

Zudem ist unter den städtischen Akteuren zu diskutieren, wie ein Betreibermodell aussehen kann.

Grundsätzlich ist eine Erweiterung des Betriebswassernetzes auf weitere Gewerbegebiete denkbar (z. B. Mitte oder SÜDCAMPUS). Dies bietet sich vor allem bei Erweiterungen oder Nachverdichtungen an, da in neu errichteten Gebäuden direkt eine entsprechende Infrastruktur zur Betriebswassernutzung vorgesehen werden kann. Auch bei geplanten Komplett-Sanierungen kann ein Leitungsnetz zur Betriebswassernutzung nachgerüstet werden. Würden beispielsweise 40 % des Einsparpotenzials des Büro- und Gewerbeparks Mitte mit Betriebswasser versorgt werden (vgl. Einsparpotenziale aus G 1), ließen sich weitere rund 10.000 m³/a an Trinkwasser einsparen. Hier ist ebenfalls zu empfehlen, von städtischer Seite einen Dialog mit bestehenden oder neuen Gewerbetreibenden zu starten.

3.2.3.5 MP5: Betriebswassernutzung städtische Gebäude

In Bad Homburg gibt es insgesamt 36 städtische Gebäude mit einem Einsparpotenzial von Trinkwasser größer 100 m³/a (vgl. Steckbrief #13). Die Nutzungsstruktur ist hierbei sehr divers (Kindergärten, Verwaltung, öffentliche Toiletten etc.). Zudem lagen keine weiteren Informationen zu den Gebäuden vor, sodass hier nur eine oberflächliche Betrachtung stattfinden kann. Als Wasserressource zur Versorgung mit Betriebswasser werden dezentrale Grauwasser- oder Regenwasseraufbereitungsanlagen in Betracht gezogen (vgl. Steckbrief #18).

13 Betriebswassernutzung städtische Gebäude

18 Implementierung GW-Aufbereitung/RW-Speicher

Wirksamkeit: bis zu 7.000 m³/a

Risiken/Untersuchungsbedarf: tatsächliche Umsetzungsmöglichkeiten (Denkmalschutz etc.)

Umsetzbarkeit: mittel- bis langfristig
→ im Bestand aufwendig; bei geplanter Sanierung einfacher umzusetzen

rechtliche Einordnung: Umsetzung möglich (DWA-A 272 und DWA-M 277 erläutern die rechtlichen Rahmenbedingungen)

Anmerkungen: -

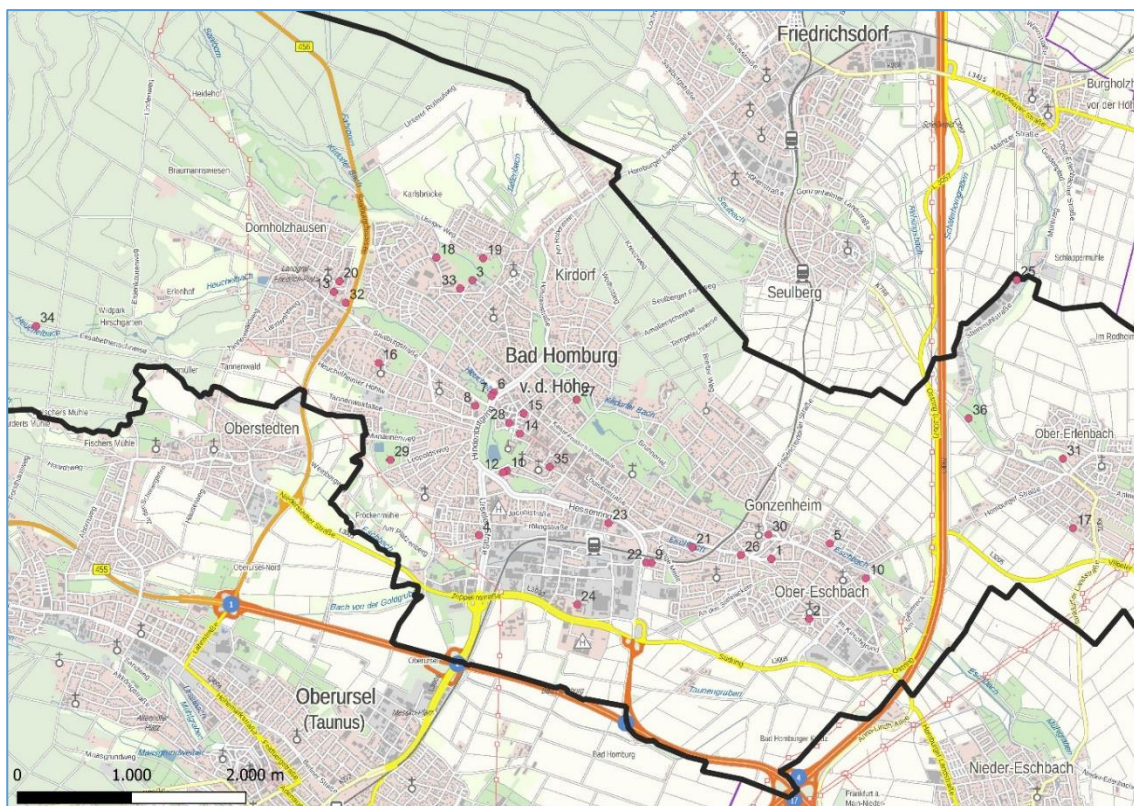


Abbildung 29: Übersicht Maßnahmenpaket MP5 „Betriebswassernutzung städtische Gebäude“

Die Wahl des Dargebots hängt maßgeblich von den einzelnen Liegenschaften ab. Bei eingeschossigen Gebäuden mit im Verhältnis zur Fläche wenigen Nutzer*innen bietet sich eher eine Regenwassernutzung von Dachflächen an. Bei mehrgeschossigen Verwaltungsgebäuden reicht wahrscheinlich die zur Verfügung stehende Dachfläche, über welche Regenwasser gesammelt werden kann, im Verhältnis zur Anzahl der Beschäftigten nicht aus, weshalb sich eher eine Grauwassernutzung anbietet. Dies ist jedoch keine pauschale Aussage und muss für jedes Gebäude geprüft werden.

Trotz der im Vergleich zu anderen Maßnahmenpaketen geringen Wirksamkeit von 7.000 m³/a, wird eine Umsetzung zumindest für einen Teil der Liegenschaften empfohlen, da die Stadt als Eigentümerin öffentlichkeitswirksam ihrer Vorbildfunktion gerecht werden kann.

3.2.3.6 MP6: Städtisches Betriebswassernetz

Die Alternative zu den dezentralen Varianten der Maßnahmenpakete MP1 bis MP4 ist eine zentrale Umsetzung der Betriebswasserversorgung für die Bewässerung des Stadtgrüns, des Golfplatzes und der Sportanlagen sowie die Betriebswassernutzung im neuen Gewerbegebiet Massenheimer Weg mit Betriebswasser aus der Kläranlage Bad Homburg/Ober-Eschbach.

08 Bewässerung
Stadtgrün

09 Bewässerung
Golfplatz

10 Bewässerung
Sportanlagen

12 Betriebswassernutzung
Massenheimer Weg

16 weitergehende Auf-
bereitung Ablauf KA



Wirksamkeit: 116.000 m³/a

Risiken/Untersuchungsbedarf: tatsächlicher Bedarf (Gewerbebetriebe und Erweiterung Sportanlage Ober-Eschbach), Machbarkeit Betriebswassernetz, Betreibermodell

Umsetzbarkeit: langfristig

rechtliche Einordnung: derzeit Grauzone → Risikomanagement sehr wichtig

Anmerkungen: Wirksamkeit für Maßnahme Betriebswassernutzung Massenheimer Weg beruht auf grober Schätzung; Erweiterung zu anderen Gewerbegebieten, Landwirtschaft etc. denkbar

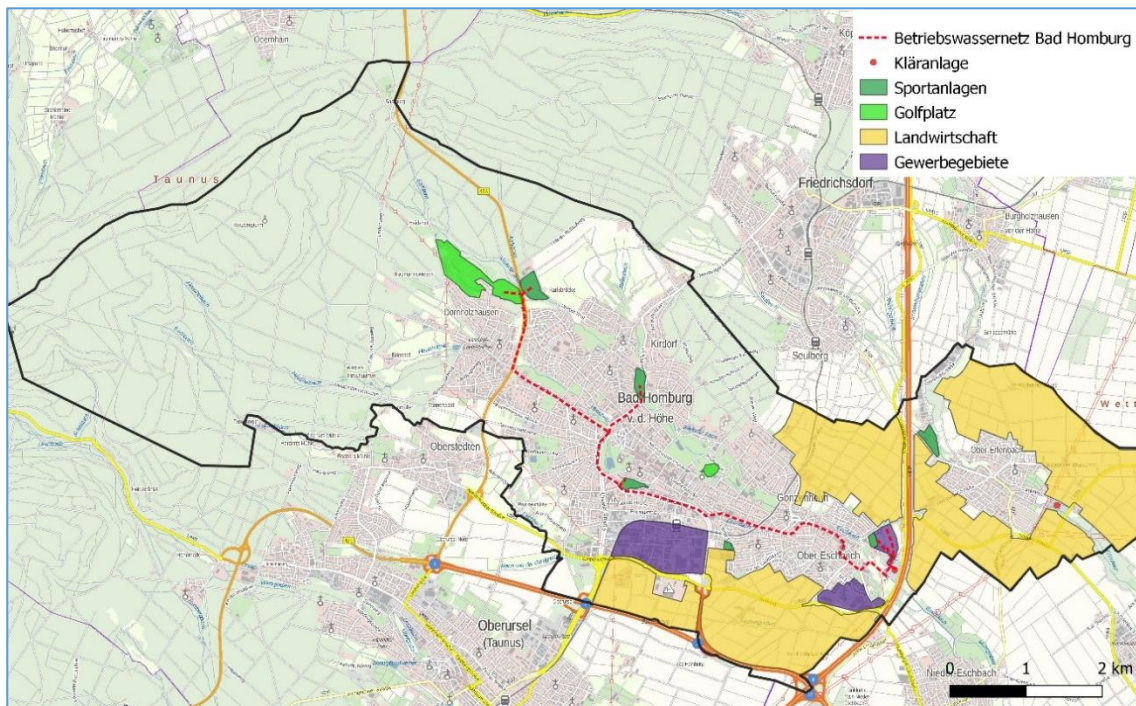


Abbildung 30: Übersicht Maßnahmenpaket MP6 „Städtisches Betriebswassernetz“

Die weitergehende Aufbereitung des Kläranlagenablaufs kann analog wie in MP4 beschrieben erfolgen. Jedoch wird die Durchsatzmenge erhöht, was die spezifischen Kosten pro Kubikmeter Betriebswasser senkt (KOM-M.NRW 2016; DWA-M 205). Nach der Aufbereitung wird das Betriebswasser auf der Kläranlage in einem Becken zwischengespeichert und anschließend über eine Druckerhöhungsanlage und ein stadtweites Betriebswassernetz zum Ort der oben genannten Anwendungen gepumpt.

Eine kostengünstigere Alternative zur Verlegung von Leitungen in Rohrgräben bietet die Verlegung der Rohre innerhalb der Hauptsammler des Abwassernetzes. Die Rohre können hierzu an der Decke des Sammlers verlegt werden und beeinträchtigen je nach Rohrdurchmesser nicht die hydraulische Leistungsfähigkeit des Abwasserrohres (mündliche Auskunft Prof. Dr.-Ing. Jörg Drewes am 05.07.2022). Die Übertragbarkeit ist jedoch für die bestehende Infrastruktur in Bad Homburg zu prüfen und sollte nach Möglichkeit für einen Großteil der Rohrlänge in Betracht gezogen werden.

Neben den oben genannten Betriebswasser-Anwendungen können weitere Nutzungen angeschlossen werden, wie z. B. landwirtschaftliche Betriebe, weitere Gewerbegebiete oder Unternehmen, städtische Liegenschaften oder private Haushalte.

3.3 Handlungsfeld Bedarfssenkung

Das Handlungsfeld „Bedarfsreduktion von Trinkwasser“ adressiert die Nutzerseite (Wasserbedarf, Wassernutzung) mit dem Ziel, dass Trinkwasser eingespart wird. Es kann unterschieden werden in technische und organisatorische Maßnahmen, die sich an unterschiedliche städtische Einrichtungen adressieren. Folgende Maßnahmen zur Bedarfsreduktion wurden betrachtet:

- Technische Maßnahmen
 - Analyse und Reduktion nicht bilanzierter Wassermengen
 - Nutzung wassersparender Einrichtungen (Haushalt)
 - Nutzung von wassersparenden Einrichtungen (Garten)
- Organisatorische Maßnahmen
 - Sensibilisierung der Öffentlichkeit
 - Etablierung Wasserfußabdruck als Kommunikationsinstrument
 - Wasserampel mit verschärften Auflagen
 - Nutzungseinschränkungen (Trinkwassernotstand)
 - Ansiedlung wasserarmer Industrien/Gewerbe
 - Wassersensible Tarifmodelle

Die Maßnahmen werden im Folgenden detaillierter erläutert.

3.3.1 Technische Maßnahmen

Innerhalb der technischen Maßnahmen sind zum einen zentral steuerbare Maßnahmen zum Wassersparen, wie die Reduktion nicht bilanzierter Wassermengen, möglich. Hier ist das Thema Wasserverlustanalyse und -reduzierung im Rohrnetz der Stadtwerke mit inbegriffen. Andererseits sind ebenso dezentral wirksame Maßnahmen, wie der großflächig umgesetzte Einsatz wassersparender Einrichtungen in Privathaushalten, denkbar. Nachfolgend sind aus diesem Feld drei denkbare Optionen als Steckbrief zusammengefasst.

3.3.1.1 Steckbrief: Analyse nicht bilanzierter Wassermengen

Maßnahme	Analyse und Reduktion nicht bilanzierter Wassermengen	20
Maßnahmenart	Bedarfsseitiger Baustein	
Maßnahmentyp	<ul style="list-style-type: none"> • Technisch 	
Quelle/Herkunft/Ressource	<ul style="list-style-type: none"> • Reduktion nicht bilanzierter Wassermengen, damit Reduktion des Gesamtbedarfs. Potenzielle Bestandteile der nicht bilanzierten Wassermengen sind nicht gemessene Trinkwasserentnahmen aus dem Netz (z. B. für Netzspülung, Löschwasser), reale Wasserverluste (z. B. durch Netzschäden) oder scheinbare Wasserverluste (z. B. Messungenauigkeiten, unerlaubte Wasserentnahmen, ggf. andere) 	
Kerneigenschaft/ Kurz-Beschreibung	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse und Potentialschätzung möglicher Wasserverluste • Technisch aufwendig und kostenintensiv 	
Erwartete Wirksamkeit	<ul style="list-style-type: none"> • hoch, abhängig von der tatsächlichen Höhe der realen Wasserverluste und vom Grad der Erneuerung und der Umsetzungsgeschwindigkeit • Annahme für die Quantifizierung (Reduktion realer Wasserverluste): Einsparung von bis zu 30 % der nicht bilanzierten Wassermengen i. H. v. rd. 450.000 m³/a technisch erwartbar bei einer angenommenen Erhöhung der Rehabilitationsrate im Trinkwassernetz von mind. 1 % in den folgenden 20 Jahren. 	
Rechtliche Einordnung (Grauzone oder nicht?)	<ul style="list-style-type: none"> • Investitionen in die Erneuerung der Leitungsnetze/Infrastruktur rechtlich umsetzbar; Finanzierungshürden und Priorisierung der Erneuerungsbereiche sind die Herausforderung 	
Ort/Lokalität	<ul style="list-style-type: none"> • Im gesamten Netz 	
Erwartete Umsetzbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> • Technisch: ja • mittel- bis langfristig 	
Wirkzeitraum ab Umsetzung Sofort/Kurz- (1-2J)/mittel- (bis 10J)/langfristig (10J+) Ab wann treten Wirkungen nachhaltig auf?	<ul style="list-style-type: none"> • Sofort • 	
Untersuchungsbedarf	<ul style="list-style-type: none"> • Weiterer Untersuchungsbedarf gegeben 	
Querverweise/Synergien	k. A.	

3.3.1.2 Steckbrief: Nutzung wassersparender Technik/Einrichtungen (Haus)

Maßnahme	Nutzung wassersparender Einrichtungen (Haus)	21
Maßnahmenart	Bedarfsseitiger Baustein	
Maßnahmentyp	<ul style="list-style-type: none"> • Technisch 	
Quelle/Herkunft/Ressource	<ul style="list-style-type: none"> • Trinkwasser 	
Kerneigenschaft/ Kurz-Beschreibung	<ul style="list-style-type: none"> • Nutzung von wassersparenden Einrichtungen in Haushalten (Toilettenspülung, Baden/Duschen/Körperpflege, wassernutzende Geräte, u.a.) insb. im Bestand • Smart Shower Meter mit Echtzeit-Feedback zum Duschverhalten 	
Erwartete Wirksamkeit	Quantifizierung für Baden/Duschen/Körperpflege: <ul style="list-style-type: none"> • Ansatz: 3,85 m³/a je Einwohner als Einsparpotenzial durch sparsameres Duschen je Einwohner • Potenzial als Mittelwert aus wiss. Studien angesetzt (10,5 l/d Duschwasser gespart je Einwohner) • Annahme, dass ca. 15 % aller Anwohner mit der Maßnahme über einen Zeitraum von 10 Jahren sukzessive erreicht werden 	
Rechtliche Einordnung (Grauzone oder nicht?)	<ul style="list-style-type: none"> • Verantwortung der Hausinstallation liegt beim Hauseigentümer 	
Ort/Lokalität	<ul style="list-style-type: none"> • Im gesamten Stadtgebiet in möglichst vielen Haushalten 	
Erwartete Umsetzbarkeit <ul style="list-style-type: none"> • technisch: ja/nein/unklar • Sofort/Kurz- (1-2J)/mittel- (bis 10J)/langfristig (10J+) 	<ul style="list-style-type: none"> • Technisch: ja • Kurzfristig 	
Wirkzeitraum ab Umsetzung Sofort/Kurz- (1-2J)/mittel- (bis 10J)/langfristig (10J+) Ab wann treten Wirkungen nachhaltig auf?	<ul style="list-style-type: none"> • Sofort • 	
Untersuchungsbedarf	<ul style="list-style-type: none"> • Weiterer Untersuchungsbedarf gegeben • Damit die Maßnahme großflächig greift, müssen möglichst viele Haushalte z. B. mit wassersparenden Einrichtungen für die Dusche ausgestattet werden 	
Querverweise/Synergien	k. A.	

3.3.1.3 Steckbrief: Nutzung wassersparender Technik/Einrichtungen (Garten)

Maßnahme	Nutzung wassersparender Einrichtungen (Garten)	22
Maßnahmenart	Bedarfsseitiger Baustein	
Maßnahmentyp	<ul style="list-style-type: none"> • Technisch 	
Quelle/Herkunft/Ressource	<ul style="list-style-type: none"> • Trinkwasser 	
Kerneigenschaft/ Kurz-Beschreibung	<ul style="list-style-type: none"> • automatische Bewässerungssysteme mit Feuchtigkeitssensoren und Tröpfchenbewässerung zur effizienteren Gartenbewässerung 	
Erwartete Wirksamkeit	<ul style="list-style-type: none"> • unklar 	
Rechtliche Einordnung (Grauzone oder nicht?)	<ul style="list-style-type: none"> • Verantwortung liegt beim Hauseigentümer 	
Ort/Lokalität	<ul style="list-style-type: none"> • In teilnehmenden Gärten 	
Erwartete Umsetzbarkeit <ul style="list-style-type: none"> • technisch: ja/nein/unklar • Sofort/Kurz- (1-2J)/mittel- (bis 10J)/langfristig (10J+) 	<ul style="list-style-type: none"> • Technisch: ja • Kurzfristig 	
Wirkzeitraum ab Umsetzung Sofort/Kurz- (1-2J)/mittel- (bis 10J)/langfristig (10J+) Ab wann treten Wirkungen nachhaltig auf?	<ul style="list-style-type: none"> • Sofort 	
Untersuchungsbedarf	<ul style="list-style-type: none"> • Weiterer Untersuchungsbedarf gegeben 	
Querverweise/Synergien	k. A.	

3.3.2 Organisatorische Maßnahmen

In Ergänzung zu den oben vorgestellten technischen Maßnahmen auf der Wasserverbrauchsseite existieren verschiedene organisatorische Möglichkeiten, um das Bewusstsein für knappe Ressourcen und das Verbraucherverhalten hin zum sparsamen Umgang mit Wasser zu sensibilisieren. Hierzu zählen allgemeine Möglichkeiten, wie die Informierung der Öffentlichkeit über on- und offline Angebote zum Thema Wasserknappheit und Einsparmöglichkeiten. Ebenso bieten sich Kommunikationsinstrumente wie die Etablierung des sog. „Wasserfußabdrucks“ an.

Unabhängig von Maßnahmen, welche eher auf die Privatverbraucher abzielen, kann auch die bewusst gesteuerte Ansiedlung wasserarmer Industrien und Gewerbe einen wichtigen Beitrag leisten.

Als drittes zählen schließlich auch restriktive Wege zu den organisatorischen Maßnahmen. So könnte die bereits bestehende Wasserampel schneller auf den Status „Rot“ umschalten oder auch Verbote im Rahmen eines Trinkwassernotstands ausgerufen werden. Diese Maßnahmen sind aber naturgemäß nur als letzte Möglichkeit zu betrachten und das Hauptaugenmerk sollte auf mögliche Wege gelegt werden, welche durch die Beeinflussung des Verbraucherverhaltens auf Haushalts-, Industrie- und Gewerbeebene zu Wassereinsparungen führen.

Nachfolgend sind alle hier skizzierten organisatorischen Maßnahmen im Steckbriefformat zusammengefasst.

3.3.2.1 Steckbrief: Sensibilisierung der Öffentlichkeit

Maßnahme	Sensibilisierung der Öffentlichkeit	23
Maßnahmenart	Bedarfsseitiger Baustein	
Maßnahmentyp	<ul style="list-style-type: none"> • Organisatorisch 	
Quelle/Herkunft/Ressource	<ul style="list-style-type: none"> • Trinkwasser 	
Kerneigenschaft/ Kurz-Beschreibung	<p>Zielführend ist eine grundlegende und mittel- bis langfristig angelegte professionell organisierte Informations- und Sensibilisierungskampagne, die sich an die Bevölkerung adressiert. Hierfür sind folgende Maßnahmen denkbar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bevölkerung über den Wassermangel und die Notwendigkeit eines bewussten und sparsamen Trinkwasserverbrauchs informieren und Sensibilität schaffen • Durchführung von Sensibilisierungskampagnen (z. B. „Bad Homburg wird wassersensibel“ o. ä.), vielfältig ausgestaltbar: Infokampagnen, Wasser-App zur Information, Web-Informationen, Social Media, Flyer etc. • Einrichtung punktueller Info-Points oder -Tafeln im Stadtgebiet (z. B. an Spielplätzen, in Parks, an sichtbaren wasserwirtschaftlichen Anlagen), Aktionen auf Stadtfesten, • Einrichtung eines ausgemusterten ÖPNV-Bus zum „Wasserbus“ für Wasser-Roadshows (ggf. mit Exponaten für Wasserspareinrichtungen, Möglichkeiten der Regenwassernutzung etc.) • Sensibilisierung von Bildungsträgern (KiTas, Grund- und weiterführende Schulen, Volkshochschulen, ...), ggf. weitere lokale Multiplikatoren wie Vereine etc. <p>Die Information von Unternehmen aus Gewerbe/Handel/Industrie/Dienstleistungen sollte analog erfolgen und adressatengerecht in angepassten Formaten erfolgen.</p>	
Erwartete Wirksamkeit	<ul style="list-style-type: none"> • Unsicher, insbesondere welcher Anteil des pro-Kopf Wasserbedarfs exklusive des Bedarfs für Duschen/Waschen noch gespart werden kann (vgl. Steckbrief oben) 	
Rechtliche Einordnung (Grauzone oder nicht?)	<ul style="list-style-type: none"> • Keine rechtliche Einordnung möglich; als operative Umweltbildungsmaßnahme denken, welche außerdem im Querverweis die Akzeptanz für Notfallmaßnahmen wie den Trinkwassernotstand erhöht 	
Ort/Lokalität	<ul style="list-style-type: none"> • K. A. 	
Erwartete Umsetzbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> • Technisch: ja • Kurzfristig (abhängig von der Art und dem Umfang der Info-Kampagnen) 	
Wirkzeitraum ab Umsetzung	<ul style="list-style-type: none"> • Sofort • 	
Untersuchungsbedarf	<ul style="list-style-type: none"> • Untersuchung/Planung von Kampagnen mit Fokusdefinition (z. B. zusammen mit den Zielen der Steckbriefe „Nutzung Wassersparender Einrichtungen“?) 	
Querverweise/Synergien	<ul style="list-style-type: none"> • Synergie zu technischen Sparmaßnahmen 	

3.3.2.2 Steckbrief: Etablierung Wasserfußabdruck als Kommunikationsinstrument

Maßnahme	Wasserfußabdruck	24
Maßnahmenart	Bedarfsseitiger Baustein	
Maßnahmentyp	<ul style="list-style-type: none"> • Organisatorisch 	
Quelle/Herkunft/Ressource	<ul style="list-style-type: none"> • Trinkwasser 	
Kerneigenschaft/ Kurz-Beschreibung	<p>Der Wasserfußabdruck ist ein Indikator für die Wassernutzung. Der sog. grüne und blaue Wasserfußabdruck beschreiben die quantitative Nutzung, der graue Wasserfußabdruck veranschaulicht den Einfluss der Nutzungen auf die Wasserqualität. Die in Produkten versteckte Wassermenge wird häufig als virtuelles Wasser bezeichnet. Der Wasserfußabdruck ist die gesamte Menge Wasser, die Nationen, Unternehmen oder Verbraucherinnen und Verbraucher in Anspruch nehmen (UBA 2022).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendung des Konzepts für die Sensibilisierung der Privathaushaltskunden in der Kundenkommunikation von Trinkwassernutzern, z. B. auch Information der Trinkwassernutzer auf den Trinkwasser-Jahresabrechnungen im Sinne des direkten Wasserverbrauchs als Vergleichs-Benchmarks („Ihr Wasserfußabdruck“, Gamification-Effekt, Motivation zum Wassersparen) • Anwendung des Konzepts für die Priorisierung von zukünftigen Gewerbe- und Industrieansiedlungen (z. B. Priorisierungsmerkmal Wasserfußabdruck von Produkten/Dienstleistungen als Kriterium der Siedlungsentwicklung und Stadtplanung neben sozioökonomischen und wirtschaftlichen Kriterien) 	
Erwartete Wirksamkeit	<ul style="list-style-type: none"> • Unklar, je nach Nutzung des Werkzeugs 	
Rechtliche Einordnung (Grauzone oder nicht?)	<ul style="list-style-type: none"> • Keine rechtliche Einordnung möglich; als stadtinternes, strategisches Projektfeld denken mit öffentlichkeitswirksamer Nutzung 	
Ort/Lokalität	<ul style="list-style-type: none"> • K. A. 	
Erwartete Umsetzbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> • Technisch: ja • Kurzfristig (abhängig von der Art und dem Umfang der Umsetzung) 	
Wirkzeitraum ab Umsetzung Sofort/Kurz- (1-2J)/mittel- (bis 10J)/langfristig (10J+) Ab wann treten Wirkungen nachhaltig auf?	<ul style="list-style-type: none"> • Sofort • 	
Untersuchungsbedarf	<ul style="list-style-type: none"> • Untersuchung/Planung von Kampagnen mit Fokusdefinition (z. B. zusammen mit den Zielen der Steckbriefe „Nutzung Wassersparender Einrichtungen“?) 	
Querverweise/Synergien	<ul style="list-style-type: none"> • Synergie zu technischen Sparmaßnahmen • Synergie zu organisatorischen Maßnahmen 	

3.3.2.3 Steckbrief: Ansiedlung wasserarmer Industrien/Gewerbe

Maßnahme	Ansiedlung (prozess-)wasserarmer Industrie	25
Maßnahmenart	Bedarfsseitiger Baustein	
Maßnahmentyp	<ul style="list-style-type: none"> • Organisatorisch 	
Quelle/Herkunft/Ressource	<ul style="list-style-type: none"> • Trinkwasser 	
Kerneigenschaft/ Kurz-Beschreibung	<p>Zielführend ist die Berücksichtigung der Wasserintensität der Industrien und Gewerbe, die Bad Homburg als Standort zu wählen beabsichtigen.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reduktion des Trinkwasserbedarfs von Industriekunden • Nach der möglichen Schließung der Produktion von Fresenius Kabi sollte die Trinkwasserintensität für die Industrie ein strategisches Entscheidungskriterium im Rahmen der Gewerbe-/Industrieansiedlung und Wirtschaftsförderung sein • Zukünftige Stadtentwicklung strategisch für die Ansiedlung wasserarmer Gewerbe-/Industriebetriebe ausrichten. Für Industrien oder Produktionsanlagen, die wenig Wasser benötigen, sollten entsprechend attraktive Rahmenbedingungen geschaffen werden. 	
Erwartete Wirksamkeit	<ul style="list-style-type: none"> • Gem. vorliegenden Informationen wird zunächst ein Einsparpotenzial von 185.000 m³/a durch die Schließung der Produktion von Fresenius Kabi angenommen. 	
Rechtliche Einordnung (Grauzone oder nicht?)	<ul style="list-style-type: none"> • Keine rechtliche Einordnung möglich; als stadtinternes, strategisches Projektfeld denken 	
Ort/Lokalität	<ul style="list-style-type: none"> • Produktionsstandort Fresenius Kabi 	
Erwartete Umsetzbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> • Technisch: ja • Kurzfristig 	
Wirkzeitraum ab Umsetzung Sofort/Kurz- (1-2J)/mittel- (bis 10J)/langfristig (10J+) Ab wann treten Wirkungen nachhaltig auf?	<ul style="list-style-type: none"> • Sofort • 	
Untersuchungsbedarf	<ul style="list-style-type: none"> • Für weitere Potenziale, welche über den Wasserbedarf der Produktionsanlagen von Fresenius Kabi hinausgehen, sind weitere Untersuchungen notwendig zu A) Sparpotenzial bestehender Industrien B) Veränderungen in Zukunft bzw. Neuansiedlung vs. Weggang von industriellen Wasserverbrauchern 	
Querverweise/Synergien	k. A.	

3.3.2.4 Steckbrief: Optimierte Wasserampel

Maßnahme	Optimierte Wasserampel	26
Maßnahmenart	Bedarfsseitiger Baustein	
Maßnahmentyp	<ul style="list-style-type: none"> Organisatorisch 	
Quelle/Herkunft/Ressource	<ul style="list-style-type: none"> Trinkwasser 	
Kerneigenschaft/ Kurz-Beschreibung	<p>Die Anwendung der Wasserampel soll vom reinen Informationswerkzeug zur Handlungsempfehlung ausgebaut werden (z. B. analog zu Lawinenwarnstufen) mit damit klar verknüpften Handlungsempfehlungen sowie ggf. (rechtl. zu prüfen) auch vorbeugenden Ge- und Verboten</p> <ul style="list-style-type: none"> Prüfung, ob eine schnellere ("schärfere") Umstellung der Wasserampel auf Gelb und Rot, gestützt auf heute definierter Frühwarnindikatoren (Druck Trinkwasserstollen, Ausschöpfung Fremdwassermenge, Ausschöpfung der Fördermenge an den Stollen, Netzabgabe) durch Reduktion von heutigen Toleranzgrenzen Prüfung, ob automatisierte Kurz- und Mittelfristprognosen des Trinkwasserverbrauchs inkl. Spitzenlasten die Aussagekraft erhöhen (heute manuell anhand von Wettervorhersagen). (Rechtlich nicht bindende) Aufforderung zur Trinkwassernutzungseinschränkung im Außenbereich Kontrolle und Kommunikation/Aufklärung bei Nichteinhalten, stärkere Präsenz der Wasserampel in der Stadt (z.B. an zentralen Orten) Ggf. vorbeugende Gebote zur Gartenbewässerung, sonstige Außenanwendungen; Kontrolle und Aufklärung bei Nichteinhalten 	
Erwartete Wirksamkeit	<ul style="list-style-type: none"> Unsicher 	
Rechtliche Einordnung (Grauzone oder nicht?)	<ul style="list-style-type: none"> Öffentlichkeitswirksame Maßnahme ohne rechtliche Verbindlichkeit; ggf. spezifische Kommunikationsstrategien für unterschiedliche Ampelphasen entwickeln und über alle städtischen Einrichtungen aufklären/informieren. 	
Ort/Lokalität	<ul style="list-style-type: none"> K. A. 	
Erwartete Umsetzbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> Technisch: ja Sofort 	
<ul style="list-style-type: none"> technisch: ja/nein/unklar Sofort/Kurz- (1-2J)/mittel- (bis 10J)/langfristig (10J+) 		
Wirkzeitraum ab Umsetzung	<ul style="list-style-type: none"> Sofort 	
Untersuchungsbedarf	<ul style="list-style-type: none"> Festlegung der Kriterien für ein schnelleres Umschalten zu definieren 	
Querverweise/Synergien	k. A.	

3.3.2.5 Steckbrief: Nutzungseinschränkungen (Trinkwassernotstand)

Maßnahme	Einschränkungen bei der Trinkwassernutzung (Trinkwassernotstand)	27
Maßnahmenart	Bedarfsseitiger Baustein	
Maßnahmentyp	<ul style="list-style-type: none"> • Organisatorisch 	
Quelle/Herkunft/Ressource	<ul style="list-style-type: none"> • Trinkwasser 	
Kerneigenschaft/ Kurz-Beschreibung	<ul style="list-style-type: none"> • Verbot von Poolbefüllungen, Gartenbewässerung, sonstige Außenanwendungen; Kontrolle und Nachverfolgung bei Nichteinhalten • Beschränkung des Trinkwasserverbrauchs auf Körperpflege, Toilettenspülung, Trinken und Kochen • Kontrolle und Durchsetzung erforderlich 	
Erwartete Wirksamkeit	<ul style="list-style-type: none"> • Unsicher, Datenlücken zu schließen (z. B. Wassernutzung für Pools) 	
Rechtliche Einordnung (Grauzone oder nicht?)	<ul style="list-style-type: none"> • Verbote ordnungsrechtlich nur während des Trinkwassernotstands umsetzbar • Ressourcen zur Durchsetzung müssen verfügbar sein 	
Ort/Lokalität	<ul style="list-style-type: none"> • K. A. 	
Erwartete Umsetzbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> • Technisch: ja • Sofort 	
Wirkzeitraum ab Umsetzung Sofort/Kurz- (1-2J)/mittel- (bis 10J)/langfristig (10J+) Ab wann treten Wirkungen nachhaltig auf?	<ul style="list-style-type: none"> • Sofort 	
Untersuchungsbedarf	<ul style="list-style-type: none"> • Potentialabschätzung erfordert weitere Untersuchungen (Welchen Anteil für Poolbefüllungen und Beschränkung des Trinkwasserverbrauchs auf Körperpflege, Toilettenspülung, Trinken und Kochen ist realistisch zu erwarten? Über welchen Zeitraum?) 	
Querverweise/Synergien	k. A.	

3.4 Potenzial der Maßnahmen und Maßnahmenpakete zur Reduktion des Wasserbilanzdefizits

Werden alle technischen und organisatorischen Maßnahmen auf der Bedarfs- und Dargebotsseite aggregiert betrachtet, ergibt sich ein beträchtliches Potenzial, die Wasserbilanz durch lokale Maßnahmen im Stadtgebiet auf beiden Seiten zu stützen und somit dem erwarteten Wasserbilanzdefizit zu begegnen und aktiv gegenzusteuern. Dabei ist zu berücksichtigen, dass i) die Maßnahmen auf sehr unterschiedliche Zeithorizonte angelegt sind, ii) in unterschiedliche Zuständigkeiten fallen, iii) nicht zu einem Stichtag umsetzbar sind und iv) auch im Einzelnen unterschiedlich hohe Beiträge zur Entlastung des Wasserbilanzdefizits leisten werden. Hinzu kommt auch, dass a) einige Maßnahmen ohne weitere Untersuchungen in ihrer Wirksamkeit nicht quantifizierbar sind und somit nicht in die Aggregation eingehen, b) einzelne Wirksamkeitsabschätzungen nur realisiert werden können, wenn neben städtischen Einrichtungen auch Dritte entsprechend mitwirken und c) eine weitgehende Ausschöpfung des Maßnahmenpotenzials nur erfolgen kann, wenn es gelingt, das Thema „Wassersensibilität“ als städtische Handlungsmaxime in der Stadt- und Regionalentwicklung zu verankern.

Im Folgenden wird die summarische Aggregation der in den Kapiteln 3.1 bis 3.3 beschriebenen und in Bezug auf ihre Wirkung quantifizierbaren Maßnahmen und Maßnahmenpakete aus den vier oben genannten Handlungsfeldern dargestellt. Hiermit wird aufgezeigt, welches grundsätzliche Potenzial im Versorgungsgebiet nach dem derzeit quantifizierbaren Kenntnisstand lokal höchstens realisierbar erscheint, sofern die o. g. Rahmenbedingungen a) bis c) Berücksichtigung finden und auch von wasserrechtlicher und behördlicher Seite entsprechende Zustimmung erfolgt.

Tabelle 5: Aggregiertes Potenzial zur Reduktion des Wasserbilanzdefizits

Handlungsfeld Maßnahme / Maßnahmenpaket	Potenzielle Wirksamkeit in m³/Jahr	Bemerkungen
Handlungsfeld Erhalt und Erhöhung der lokalen Ressourcenverfügbarkeit	100-250 tm³/a	
Erhalt des nutzbaren Wasserdargebots		
• Waldumbau	Derzeit nicht quantifizierbar	Weitere Untersuchungen erforderlich
• Abflussminderung	Derzeit nicht quantifizierbar	Weitere Untersuchungen erforderlich
• Versickerung	Derzeit nicht quantifizierbar	Weitere Untersuchungen erforderlich
Erhöhung des Wasserdargebots		
• Neubau von Brunnen	50-150tm³/a	Weitere Untersuchungen und behörtl. Abstimmungen erforderlich; grobe Erstschtzung
• Erhöhung der Entnahmemengen in Stollen	Derzeit nicht quantifizierbar	Weitere Untersuchungen erforderlich; abh. von Grundwasserneubildung, unterschiedliche Erfolgserwartungen bzgl. Erweiterung der Wasserrechte vorhanden
Reaktivierung von Nicht-Trinkwasserressourcen		
• Betriebswasserbrunnen	50-100tm³/a	Techn. Umsetzbarkeit unklar, weitere Untersuchungen und behörtl. Abstimmungen erforderlich; grobe Erstschtzung
• Zusätzliche Wasserspeicherung	Derzeit nicht quantifiziert	Menge abh. von Speichervolumen und Genehmigungsrecht
Handlungsfeld Nutzung alternativer Ressourcen*	87-123tm³/a	
MP1: Bewässerung Stadtgrün	3tm³/a	Sofortmaßnahme mit hoher Öffentlichkeitswirkung
MP2: Bewässerung Golfplatz	36tm³/a	Abstimmung mit Dritten erforderlich, techn. lösbar
MP3: Bewässerung Sportanlagen	16tm³/a	Hoher Aufwand; große unterirdische Speicherbecken inkl. Aufbereitung erforderlich
MP4: Betriebswassernutzung Massenheimer Weg	25-60tm³/a	Grobe Schätzung (Erweiterung auf andere Gewerbegebiete über Betriebswassernetz denkbar)
MP5: Betriebswassernutzung städtische Gebäude	7tm³/a	Mittel- bis langfristige Maßnahme mit hoher Öffentlichkeitswirkung
Alternativ: MP6: Städtisches Betriebswassernetz	116tm³/a	Zentrale Betriebswasserversorgung als Alternative zu MP1 bis MP4, zzgl. MP5

Handlungsfeld Maßnahme / Maßnahmenpaket	Potenzielle Wirksamkeit in m³/Jahr	Bemerkungen
Handlungsfeld Bedarfssenkung	316-366tm³/a	
Technische Maßnahmen		
<ul style="list-style-type: none"> Analyse und Reduktion nicht bilanzierter Wassermengen 	100-150tm³/a	Mittel- bis langfristig Einsparung bis zu 30% technisch erwartbar u.a. durch Reduktion von Wasserverlusten
<ul style="list-style-type: none"> Nutzung wassersparender Einrichtungen (Haus) 	31tm³/a	Gerundete Schätzung bei bis zu 3,85m³/a je Einwohner und einer Erreichung von ca. 15% der Haushalte
<ul style="list-style-type: none"> Nutzung wassersparender Einrichtungen (Garten) 	Derzeit nicht quantifizierbar	Keine übertragbaren Studien verfügbar
Organisatorische Maßnahmen		
<ul style="list-style-type: none"> Sensibilisierung der Öffentlichkeit 	Derzeit nicht quantifizierbar	Weitere Untersuchungen erforderlich
<ul style="list-style-type: none"> Etablierung Wasserfußabdruck als Kommunikationsinstrument 	Derzeit nicht quantifizierbar	Weitere Untersuchungen erforderlich
<ul style="list-style-type: none"> Ansiedlung wasserarmer Industrien/Gewerbe 	185tm³/a	Abwanderung wasserintensiver Industrien/Gewerbe; Neuansiedlung wasserarmer Industrien/Gewerbe
<ul style="list-style-type: none"> Wasserampel mit verschärften Auflagen 	Derzeit nicht quantifiziert	Weitere Untersuchungen erforderlich; primär zur Kappung in Spitzenlasten
<ul style="list-style-type: none"> Nutzungseinschränkungen 	Derzeit nicht quantifiziert	Weitere Untersuchungen erforderlich; primär zur Kappung in Spitzenlasten
Potenzielle Wirksamkeit aller derzeit schätz- oder quantifizierbaren Maßnahmen / Maßnahmenpakete	503-739tm³/a	(Orientierungswert)

Anmerkung:

* Für das Handlungsfeld Nutzung alternativer Ressourcen gibt es zwei Handlungsalternativen (Varianten): Entweder erfolgt Umsetzung der MP1 bis MP5 (dezentrale Variante) oder die Umsetzung von MP5 und MP6 (zentrale Variante). Daraus ergibt sich eine maximale potenzielle Wirksamkeit in Höhe von 122 tm³/a (dezentrale Variante) oder 123 tm³/a (zentrale Variante).

Das hiermit aggregierte Potenzial zur Reduktion des Wasserbilanzdefizits in Höhe von 0,503 und 0,739 Mio. m³/a kann jedoch nur als grober Orientierungswert dem im Zwischenbericht (Datengrundlage G1) dokumentierten Wasserbilanzdefizit in Höhe von 0,49 bis 1,25 Mio. m³/a gegenübergestellt werden. Die tatsächliche Wirkung ist zudem unvollständig abgebildet, weil zentrale Maßnahmen im Rahmen des Erhalts und der Erhöhung der lokalen Ressourcenverfügbarkeit weitere Untersuchungen für die Quantifizierbarkeit erfordern. Doch auch wenn ALLE schätz- oder quantifizierbaren Maßnahmen SOFORT umgesetzt werden würden, könnten nicht alle Wasserbilanzdefizitszenarien (untere, mittlere, obere Wasserbedarfsprognose) vollständig gedeckt werden. Unter Berücksichtigung der erforderlichen zeitlichen Vorläufe von

weiterhin erforderlichen Untersuchungen, der Konzeption, Planung, Genehmigung und Umsetzung von Maßnahmen ist das hier aggregierte Potenzial folglich über einen mittel- bis langfristigen Zeitraum ggf. auch nur in Teilen realisierbar.

Dennoch zeigt diese Potenzialbilanzierung, dass die beschriebenen lokalen und regionalen Maßnahmen helfen werden/können, zur Lösung des erwarteten Wasserknappheitsproblems für Bad Homburg in den nächsten Jahrzehnten signifikant beizutragen. Es wird auch deutlich, dass der Fremdbezug von Trinkwasser in den kommenden Jahrzehnten nach wie vor eine wichtige, ggf. auch zunehmende Rolle für die Sicherung der erforderlichen Trinkwassermengen spielen wird.

Das in Tabelle 5 oben aggregierte Potenzial zur Reduktion des Wasserbilanzdefizits und die damit verbundenen Maßnahmen sind in dieser Auflistung nicht priorisiert. Diese Priorisierung kann nach ihrer Kostenwirksamkeit und Umsetzungsdauer/Zeitschiene erfolgen und wird im anschließenden Kapitel 4 erörtert.

3.5 Fremdwasserbezug

Aktuell wird ein Teil des von den Stadtwerken Bad Homburg benötigten Trinkwassers über den Fremdbezug vom WBV Taunus als Vorlieferant gedeckt. In der Bestandsaufnahme (Datengrundlage G1) ist festgehalten: „Im Ergebnis zeigt sich, dass die derzeit wasserrechtlich bewilligten Entnahmemengen den Wasserbedarf bereits heute nicht decken und durch Fremdwasserbezug kompensiert werden muss. In der Zukunft ist eine Verschärfung dieser Situation aufgrund steigender Bedarfe und einem möglicherweise sinkenden Dargebot zu erwarten.“

Die Aggregation der Wirkungspotenziale in Kapitel 3.4 bestätigt die Erwartung, dass durch eigenes (lokales) Agieren das bestehende Bilanzdefizit auf der Dargebotsseite der Wasserbilanz nicht zuverlässig gedeckt werden kann; auch zukünftig wird der Trinkwasserfremdbezug – im Jahr 2018 in Höhe von 0,77 Mio. m³ pro Jahr (ca. 18,5 % des Wasserbedarfs) – eine wichtige und zentrale Säule für eine sichere Trinkwasserversorgung in Bad Homburg bleiben. Im Fall eines zunehmenden Bilanzdefizits, z. B. durch verstärkten Einfluss von Klimawandel und Abnahme des Wasserdargebots oder durch eine sich verzögernde Umsetzung von dargebotsseitigen Maßnahmen in den o. g. Handlungsfeldern, könnte der Fremdwasserbezug sogar mittel- bis langfristig eine noch wichtigere Rolle für die Versorgungssicherheit einnehmen.

In diesem Zusammenhang ist auch zu berücksichtigen, dass einerseits nicht nur die Stadtwerke Bad Homburg, sondern auch die Wasserversorgungsunternehmen benachbarter Städte

und Gemeinden, um die lokalen Grundwasserressourcen nutzungskonkurrieren und sie andererseits als Kunden des WBV Taunus als Vorlieferant nach derzeitigem Kenntnisstand keine zusätzlichen Trinkwassermengen aus den bestehenden Bezugsverträgen generieren können. Hier scheint die derzeitige Situation, ohne eine gemeinsam zwischen den betroffenen Gemeinden/Wasserversorgern abgestimmte und koordinierte regionale Versorgungsstrategie, ein limitierender Faktor für die regionale Wasserversorgungssicherheit zu sein.

Für eine mittel- und langfristige Sicherstellung des Bezugs der erforderlichen, lokal jedoch ggf. nicht verfügbaren Trinkwassermengen in den kommenden Jahren bzw. Jahrzehnten scheint eine regionale oder überregionale Wasserinitiative zielführend, die auch die benachbarten Städte, die beteiligten regionalen Wasserverbände und vorgeschaltete Betreiber von großstädtischen und/oder Fernversorgungssystemen zusammenführt. Eine regionale Kooperationslösung im Rhein-Main-Gebiet sollte im Kontext von konzipierten, teils geplanten Ausbaumaßnahmen bestehender Infrastrukturen und im Kontext der Erschließung neuer Rohwasserressourcen in der Region Frankfurt-Taunus-Hochtaunus-Kinzig kooperativ mit den dort verantwortlichen Wasserversorgern angestrebt werden. Es existieren bereits Initiativen zum Ausbau der Riedwasserversorgung, zur Grundwasseranreicherung im Frankfurter Stadtwald oder in Bezug auf zusätzliche Oberflächenwasserentnahmen und -aufbereitung für Betriebs- und/oder Trinkwasserzwecke. Hier besteht die Möglichkeit sowohl regionale als auch überregionale Querverbände zwischen den Ortsversorgern sowie zwischen den Fern- und Ortsversorgern zu schaffen, um eine höhere Resilienz der Trinkwasserversorgung zu erreichen. Ein übergeordnetes und überregionales Wassermanagement- und -versorgungskonzept sollte so rechtzeitig auch den erforderlichen Wasserbedarf in den nachgelagerten Kommunen der Region in und um Bad Homburg v. d. H. bzw. in heutigen oder zukünftig erwarteten Wassermangelgebieten der Region berücksichtigen.

Bereits heute zeigen einzelne Planungen von Betreibern der Wasserversorgungssysteme in der Region grundsätzlich Chancen auf; es wird empfohlen, entsprechende Gespräche zur Anbahnung und Erweiterung eines zusätzlichen Fremdbezugs in Form von Trink- und/oder Betriebswasser für Bad Homburg aktiv aufzunehmen bzw. aktiv weitere Wasserressourcen aus Grund- und/oder Oberflächenwasser zu erschließen, um einem in mittlerer bis ferner Zukunft ggf. drohenden Wasserdefizit entgegenzutreten.

4 Wirtschaftliche Bewertung der Maßnahmenpakete

4.1 Methodischer Rahmen und Prozessschritte der Bewertung

Das Ziel der wirtschaftlichen Bewertung ist eine Handlungsempfehlung treffen zu können, wie das zu erwartende Wassermengendefizit für die Stadt Bad Homburg v. d. H. kostengünstig reduziert werden kann und eine Priorisierung von Maßnahmen zu ermöglichen. Um diese Empfehlung treffen zu können, müssen mögliche Maßnahmen aus den drei Handlungsfeldern „Erhalt und Erhöhung der lokalen Ressourcenverfügbarkeit“, „Trinkwassersubstitution durch Nutzung alternativer Ressourcen“ und „Bedarfsreduktion von Trinkwasser“ quantifiziert werden (vgl. Kapitel 2-3). Dazu stellt sich zunächst die Frage, welche der Einzelmaßnahmen die beste Kostenwirksamkeit verspricht. So lässt sich eine Rangfolge bilden und danach priorisieren, wieviel Euro Kosten je Maßnahme pro Kubikmeter zu erwarten sind. Da sich bestimmte Einzelmaßnahmen allerdings gegenseitig ausschließen, ist es wichtig, erfolgsversprechende Maßnahmenpakete zusammenzustellen. Für diese Pakete kann auch mit der Kostenwirksamkeitsmethodik eine vergleichende Bewertung erstellt werden. Details zur verwendeten Kosten- und Wirksamkeitsbewertungsmethodik erfolgen in den folgenden Unterkapiteln.

Neben der Beantwortung der Frage, welche Maßnahmenkombination vergleichsweise kosteneffizient ist, interessiert noch die Wirkung der entsprechenden Einzelmaßnahmen im Zeitverlauf. Dazu bietet sich eine Simulation als Zeitreihe an.

Nicht alle Maßnahmen aus der Übersicht des Kapitels 3 lassen sich aufgrund der noch ungenügenden Datenlage quantifizieren. Damit diese dennoch beurteilt werden können, werden sie qualitativ bewertet. Dazu bietet sich eine Pro und Contra Argumentation als Methodik an.

4.2 Methodik zur Kostenwirksamkeitsanalyse

4.2.1 Logik einer Kostenwirksamkeitsbewertung

Im vorliegenden Projekt bieten sich gemäß Kapitel 2 bis 3 verschiedene Maßnahmen aus unterschiedlichen Handlungsfeldern an, um die Wasserversorgung in Zukunft zu sichern. Für den Vergleich verschiedener Maßnahmen, welche sowohl unterschiedliche Kosten als auch eine unterschiedliche Wirksamkeit aufweisen, bietet sich eine relative Vergleichsmethodik an. Die Kostenwirksamkeitsanalyse ist hier ein passender Analyseansatz, um verschiedene und sich ggf. auch gegenseitig ausschließende Maßnahmen zu vergleichen. Sie ist insbesondere in Entscheidungssituationen passend, in denen sich die zu vergleichende Wirksamkeit in einer

Schlüsselkennzahl ausweisen lässt. Dies ist im vorliegenden Projekt der Fall, weil alle Maßnahmen zur Senkung eines Wasserdefizits beitragen sollen. Die Wirksamkeit lässt sich also auf die Schlüsselkennzahl m³ Wasser pro Jahr reduzieren.

Nachfolgend ist die formale Logik einer Kosten-Wirksamkeitsanalyse nach Levin und McEwan (2001, S. 133) dargestellt:

$$KWQ_i = \frac{K_i}{W_i} \quad (1)$$

Demnach wird der Kostenwirksamkeitsquotient (KWQ) als Schlüsselkennzahl verwendet, um alle Maßnahmen (n, für den Definitionsbereich $i = 1 \dots n$) miteinander zu vergleichen. Die Kosten jeder Alternative (K_i) werden dazu durch die Wirksamkeit (W_i) dividiert. Die Schlüsselkennzahl KWQ gibt somit die Kosten an, welche pro Wirksamkeitseinheit anfallen (Levin und McEwan, 2001, s. 135). Übertragen auf das vorliegende Projekt sind dies somit die Kosten in Euro pro Kubikmeter Wasser und Jahr.

Zur Anwendung der Kosten-Wirksamkeitsanalyse muss für die Kostenseite als auch für die Wirksamkeitsseite eine einheitliche Bewertungsmethode bei allen zu vergleichenden Maßnahmen zum Einsatz kommen. Diese wird nachfolgend für die Kosten und die Wirksamkeit beschrieben.

4.2.2 Kostenbewertung

Grundlagen

Zur Kostenbewertung wird auf die Methodik der sog. Lebenszykluskosten (Life Cycle Costing: LCC) zurückgegriffen. Dieser Ansatz hat sich in der Praxis für den Vergleich von alternativen Handlungsweisen bewährt¹⁰, insbesondere wenn die Kosten als ein wichtiges Kriterium im Vordergrund stehen. Im Rahmen des vorliegenden Projektberichts ist eine alternative Handlungsweise gleichbedeutend mit einer Investition in die Wasserversorgung von Bad Homburg v. d. H.

Dem Grundsatz nach sollen in der Bewertung einer Handlungsweise mittels LCC alle Kosten, von der Entwicklung über die Nutzung bis hin zum Lebensende, berücksichtigt werden. Der Literatur nach wird der zu betrachtende Lebenszyklus dabei in aller Regel in bis zu vier Phasen unterteilt:

¹⁰ Die Methodik hat ihren Ursprung für Kostenvergleichsrechnungen im US-amerikanischen Militärssektor und hat mittlerweile breite Praxisrelevanz in vielen Branchen (White und Ostwald 1976, Sherif und Kolarik 1981).

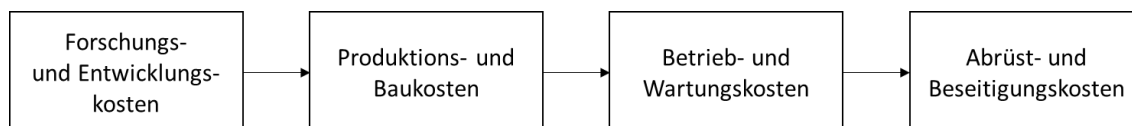


Abbildung 31: Berücksichtigte Phasen im Lebenszyklus, nach: Fabrycky und Blanchard (1991)

Die DIN-Norm zur Anwendung der LCC subsummiert in ähnlicher Weise wie die ältere Managementliteratur folgende aggregierte Phasen (DIN-EN-60300-3-3 2004):

$$LCC = \text{Kosten}_{\text{Beschaffung}} + \text{Kosten}_{\text{Besitz}} + \text{Kosten}_{\text{Entsorgung}} \quad (2)$$

Für die vorliegende Analyse waren im Rahmen der LCC insbesondere die Bau- und Betriebskosten relevant. Denn die Abrüst- und Beseitigungskosten (Entsorgungskosten nach DIN-EN-60300-3-3 2004) sind per Annahme nicht relevant für den Kostenvergleich, da davon auszugehen ist, dass die ertüchtigte Wasserversorgung in Bad Homburg v. d. H. mittels Reinvestitionen wiederholend und andauernd betriebsbereit bleiben soll. Ebenso sind Forschungs- und Entwicklungskosten (Bestandteil der Beschaffungskosten nach DIN-EN-60300-3-3 2004) für die vorliegende Studie vernachlässigbar. Denn es ist davon auszugehen, dass alle technischen Bestandteile der quantifizierbaren Maßnahmen aus den Handlungsfeldern hinreichend erforscht und in der Praxis einsetzbar sind. Dieser Ansatz deckt sich im Übrigen mit der gängigen Praxis, wie eine wissenschaftliche Arbeit von Korpi and Ala-Risku (2008) gezeigt hat. Demnach ist die Bewertung der Bauphase (87 % aller Fallstudien) sowie Betriebsphase (98 % aller Fallstudien) in der Praxis offenbar entscheidend, wie in folgender Tabelle zusammengefasst ist.

Tabelle 6: Betrachtete Lebenszyklusphasen in den Fallstudien im Review von Korpi und Ala-Risku (2008), n = 55

Lebenszyklusphase	Bewertet in wie vielen Fallstudien [%]
Forschungs- und Entwicklungskosten (<i>Research and development</i>)	20 %
Produktions- und Baukosten (<i>Production and construction</i>)	87 %
Betrieb- und Wartungskosten (<i>Operation and maintenance support</i>)	98 %
Abrüst- und Beseitigungskosten (<i>Retirement and disposal</i>)	26 %

Kostenkategorien und methodische Details

Für die konkrete Ausgestaltung der LCC im Rahmen des vorliegenden Gutachtens wurden die von der DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.) herausgegebenen einschlägigen Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (DWA 2012) berücksichtigt. Diese umfassen methodische Anleitungen für den Vergleich von (wasserwirtschaftlichen) Infrastrukturprojekten. Demnach sind Investitionskosten¹¹ und sog. laufende Kosten als Grundkategorien zu berücksichtigen. Zu berücksichtigen sind dabei sowohl Kosten für Eigenleistungen sowie Fremdleistungen. Nachfolgende Tabelle unterteilt diese beiden grundlegenden Kostenklassen:

Tabelle 7: Kostenklassen für eine Kostenvergleichsrechnung nach DWA (2012)

Investitionskosten	Laufende Kosten
Kosten für Flächeninanspruchnahme	Personalkosten
Kosten für Vorarbeiten	Sachkosten
Bau- und Erschließungskosten	Energiekosten
Reinvestitionskosten ¹²	

Die grundsätzliche Einteilung in zu berücksichtigende Investitionskosten und laufende Kosten nach DWA (2012) deckt sich mit der zweiten und dritten Stufe aus der LCC-Literatur, den „Produktions- und Baukosten“ bzw. „Betriebs- und Wartungskosten“ (siehe Abbildung 31 oben). Ebenso deckt es sich mit den LCC-Stufen der „Beschaffungskosten“ und „Besitzkosten“ nach DIN-EN-60300-3-3 (2004).

In der vorliegenden Arbeit sollen die Kosten nicht statisch, sondern dynamisch über die Lebensdauer der Varianten bewertet werden. Die einschlägige Literatur empfiehlt für eine dynamische Vergleichsrechnung, finanzmathematisch eine *Kostenbarwertrechnung* nach der Logik der *Kapitalwertmethode* oder die *Annuitätenmethode* (DWA 2012, Carstensen 2008). In den Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (DWA 2012) wird statt Annuitäten von *Jahreskosten* gesprochen. Beide Bezeichnungen werden in diesem vorliegenden Dokument synonym verwendet.

¹¹ Streng genommen ist betriebswirtschaftlich der Begriff „Investitionskosten“ nicht korrekt (Investitionen sind bilanztechnisch immer ein Aktivtausch und niemals Kosten). Der Einfachheit halber sowie dem sprachlichen Usus der angewandten Ingenieurwissenschaften folgend wird der Begriff hier weiterhin verwendet.

¹² Nach DWA (2012, S. 20) bezieht sich das auf „Anlagenteile, die während der Betriebsphase der Gesamtanlage zu ersetzen sind, da ihre wirtschaftliche Nutzungsdauer geringer ist als diejenige des Hauptanlagenteils“. Nicht gemeint sind erneute Investitionskosten nach Ablauf der gesamten Nutzungsdauer der Anlage.

Für die Bewertungen der Einzelmaßnahmen und Maßnahmenpakete wurden die Annuitäten (bzw. Jahreskosten) ermittelt. Das hat folgende Gründe: Im angestrebten Vergleich verschiedener Maßnahmen zur Sicherung der Trinkwasserversorgung werden technisch sehr unterschiedliche Varianten betrachtet. Diese sind von Anlagenbestandteilen unterschiedlicher Lebens-/Nutzungsdauer geprägt. Von daher ist den Empfehlungen der DWA (2012) folgend die Wahl der Annuitätenmethode (Jahreskosten) als finanzmathematische Vergleichsmethodik passend. Außerdem kann von einem fortdauernden Bedarf der Trinkwasserversorgungssicherheit und damit auch der untersuchten Maßnahmen ausgegangen werden. Somit ist in der Logik von Carstensen (2008) von einer wiederholenden Durchführung der Investition in die Maßnahmen zur Sicherung der Trinkwasserversorgung auszugehen, sobald sie das Ende der möglichen Nutzungsdauer erreicht. Damit ist auch nach Carstensen (2008) die Annuitätenmethode für den Vergleich zu empfehlen (vergleiche die Entscheidungshilfe aus nachfolgender Tabelle).

Tabelle 8: Auswahl der Vergleichsmethode nach Durchführung und Laufzeit der Investitionen, aus Carstensen (2008)

Durchführung	Laufzeit	Methode
einmalig	gleich	Kapitalwertmethode
einmalig	verschieden	Kapitalwertmethode
wiederholend	gleich	Kapitalwertmethode
wiederholend	verschieden	Annuitätenmethode

Der im Rahmen dieses Projekts verfolgte finanzmathematische Ansatz ist nachfolgend formal dargestellt:

$$Jahreskosten = OPEX + CAPEX * CRF_{r;n} = OPEX + CAPEX * \frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \quad (3)$$

In die Jahreskosten fließen sowohl die jährlich anfallenden, laufenden Kosten (operational expenditures: OPEX) sowie anteilig auch die Investitionskosten (capital expenditures: CAPEX). Zur Berechnung der jährlich anteiligen Investitionskosten wird eine Annuität, eine einheitlich hohe Jahreskostengröße ermittelt. Diese errechnet sich aus der Multiplikation von CAPEX mit dem sog. Capital Recovery Factor **CRF**¹³ in Abhängigkeit vom Diskontierungszins *r* sowie der Lebensdauer *n* der Investition.

¹³ Der CRF lässt sich auch über Tabellen bestimmen. In DWA (2012) sind die Tabellen für den CRF bzw. den Kapitalwiedergewinnungsfaktor KFAKR enthalten.

Sensitivitätsanalyse

Eine Kostenermittlung für neue Maßnahmen ist als zukunftsgerichtete Planung per se mit Unsicherheiten verbunden. Die Fachliteratur empfiehlt daher eine Sensitivitätsanalyse, auch Empfindlichkeitsprüfung genannt. Diese erfolgt zweckmäßigerweise im Anschluss an die Kostenermittlungen für entscheidungsrelevante Werte wie z. B. die geschätzten Jahreskosten, um kritische Schwellenwerte für die Rangfolge der untersuchten Maßnahmen zu identifizieren – oder die besondere Robustheit des Bewertungsergebnisses zu untermauern, falls sich die Rangfolge nicht ändern sollte (DIN-EN-60300-3-3 2004, S. 17, DWA 2012, S. 47-55).

In der Bauwirtschaft werden gemäß DIN-276 (2018) für den Bau neuer Anlagen unter dem Oberbegriff der Kostenermittlung verschiedene Stufen verstanden. Zur Kostenermittlung zählen

- Kostenrahmen,
- Kostenschätzung,
- Kostenberechnung und
- Kostenfeststellung.

Die Genauigkeit der ermittelten Kosten steigt im Verlauf dieser Stufen. Die Ermittlung der Investitionskosten der in diesem Projekt quantifizierbaren Maßnahmen wird sich auf den Stufen des Kostenrahmens und der Kostenschätzung bewegen. Denn für die Kostenberechnung sind konkrete Entwurfszeichnungen und Detailplanungen gefordert, welche den Rahmen der angestrebten Kostenvergleichsrechnung dieses Projekts übersteigt.

Naturgemäß ist eine Kostenermittlung, welche sich im Bereich des Planungsprozesses bewegt und noch keine abschließende Kostenfeststellung mit dokumentierten Schlussrechnungen enthält, mit Unsicherheiten behaftet. In der Fachliteratur werden als Rahmengröße Spannbreiten von ca. +/- 30-40 % für die Kostenschätzung und +/- 20 % für die Kostenberechnung ausgewiesen (Kochendörfer et al. 2010, Beier 2003). Diese Spannbreiten gilt es im Rahmen der Interpretation der Projektergebnisse und der ermittelten Rangfolge der betrachteten Maßnahmen im Rahmen der Sensitivitätsanalyse zu berücksichtigen. Die entsprechenden Ergebnisse sind in Kapitel 5.2.1 dargestellt.

Inputwerte

Für die Bewertung waren umfangreiche Datenmengen notwendig. Um die Kosten grundsätzlich quantifizieren zu können, waren für jede Einzelmaßnahme ein Mengengerüst (z. B. Anzahl und Dimensionierung zu verwendender Pumpen) sowie ein Preisgerüst (z. B. Euro pro

Pumpe) zu ermitteln. Hierzu waren diverse Facheinschätzungen aus dem Projektteam notwendig sowie eine Reihe von externen Datenquellen. Daneben wurden Annahmen für die Lebensdauer aller Anlagenbestandteile benötigt. Für die verwendete Annuitätenmethode als dynamisches Investitionsrechenverfahren war zudem ein Wert für den Diskontierungszins anzusetzen (hier: 3,5 % nach Rücksprache mit den Stadtwerken). Da die verfügbaren Daten für das Preisgerüst zudem nicht immer für 2022 verfügbar waren, mussten außerdem Inflationsfaktoren herangezogen werden. Die Zuordnung der Inflationsdaten zu den relevanten Kostenklassen für die vorliegende Kostenschätzung ist aus der Tabelle in Anhang 1 ersichtlich.

Nachfolgende Tabelle gibt einen kurzen Überblick über wesentliche verwendete externe Quellen als Input für die wirtschaftliche Bewertung der Maßnahmen.

Tabelle 9: Überblick zu verwendeten Datenquellen als Input

Quelle	Beschreibung der genutzten Daten
Baur et al. (2019)	Datenbasis für das Preis- und Mengengerüst
Aguardio (2022)	Preisgerüst
Sommer et al. (2016)	Preisgerüst
Herbst et al. (2016)	Preisgerüst
DWA (2012)	Lebensdauer für Anlagen/technische Bauteile
Destatis (2022a)	Arbeitskosten für den Wirtschaftsbereich Wasserversorgung
Destatis (2022b)	Inflationsfaktoren (Arbeitskostenindex)
Destatis (2022c)	Inflationsfaktoren (Preise und Preisindizes für gewerbliche Produkte)

4.2.3 Wirksamkeitsbewertung

Die Wirksamkeitsbewertung beruht auf Facheinschätzungen gemäß den Steckbriefen (vgl. Kapitel 3) sowie Literaturwerten für spezifische Einzelmaßnahmen wie z. B. das Wassersparen (Steward et al. 2013; Sønderlund et al. 2014; Tiefenbeck et al. 2018). Die Wirksamkeit ist hier definiert als jene zusätzlichen Kubikmeter Wasser pro Jahr, welche durch eine Maßnahme generiert werden können. Das umfasst auch mit Brauchwasser substituierte Trinkwassermengen.

4.2.4 Zusammenfassung zur ökonomischen Bewertungsmethodik

Nachfolgende Abbildung fasst den technisch-ökonomischen Bewertungsprozess zusammen. Ausgehend von der Leitfrage „Wie lässt sich das Wasserdefizit möglichst kostengünstig reduzieren?“ wurden in den drei Handlungsfeldern für mehr als 20 Einzelmaßnahmen Daten und Einschätzungen ermittelt. Ausgehend von den Steckbriefen, wie in Kapitel 3 beschrieben, stellt sich die Frage, welche Maßnahmen davon quantifizierbar sind und welche nicht. Quantifiziert werden können demnach Einzelmaßnahmen, für die zentrale Daten (z. B. ein Mengengerüst der benötigten Technik zur Umsetzung, Preisgerüst für die Kosten, Wirksamkeit bezogen auf die Wassermenge) ermittelbar oder abschätzbar sind.

Dazu wird ein Kostenwirksamkeitsquotient (KWQ) unter Nutzung der Annuitätenmethodik für die entsprechenden Einzelmaßnahmen berechnet. Da es allerdings auch Maßnahmen gibt, welche sich gegenseitig ausschließen, stellt sich nach dieser Berechnung die Frage, welche Einzelmaßnahmen zusammen als ein sinnvolles Maßnahmenpaket umsetzbar sein könnten und welche derartige Kombination die kosteneffizienteste ist. Im Anschluss daran stellt sich die Frage, wie sich das kosteneffizienteste Maßnahmenpaket im Zeitverlauf entwickelt. Hierzu ist als finaler Vorgang exemplarisch eine auf Annahmen gestützte Zeitreihensimulation notwendig. Denn die Bewertung der Kostenwirksamkeit als alleiniges Analyseinstrument vernachlässigt die zeitliche Dimension der Wirksamkeit.

Für diese stark auf Annahmen basierte Simulation über die Zeit werden für alle relevanten Einzelmaßnahmen je Maßnahmenpaket die Wirksamkeiten sowie die Vorlaufzeit bis zum Eintritt ihrer Wirkung (u.a. die Bauzeit bzw. Umsetzungszeit bis zur Wirkung einer Maßnahme) mit möglichst plausiblen, erfahrungsbasierten Annahmen berücksichtigt.

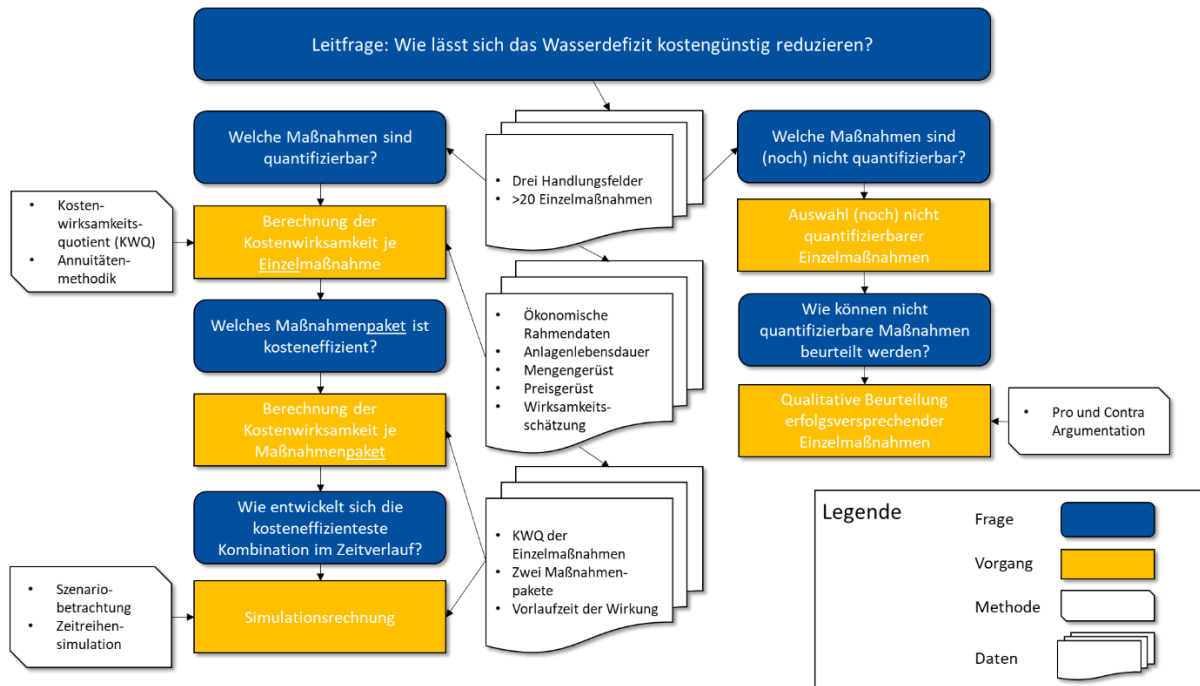


Abbildung 32: Prozessschema der ökonomischen Bewertung

Nicht alle Einzelmaßnahmen aus den drei Handlungsfeldern sind mit dem heutigen, verfügbaren Datenstand quantifizierbar. Das bedeutet, dass nur ein Teilbereich des Gesamtpotenzials zur Reduktion des Wasserbilanzdefizits in dieser Studie ausgewiesen werden kann. Für eine umfassendere Beurteilung müssen folglich alle erfolgsversprechenden, (noch) nicht quantifizierbaren Einzelmaßnahmen identifiziert und diskutiert werden. Eine Beurteilung kann mit einer Pro und Contra Argumentation durchgeführt werden.

Nachdem für die quantifizierbaren Maßnahmen die Kostenwirksamkeiten und die Wirkung als Zeitreihensimulation ausgewertet wurden und auch die nicht quantifizierbaren Maßnahmen qualitativ beurteilt wurden, kann als Synthese eine zusammenfassende Interpretation des Gesamtbildes erfolgen.

4.3 Kostenwirksamkeit der Ausgestaltungsvarianten

Nachfolgend sind die Ergebnisse der Kostenschätzung für alle quantifizierbaren Einzelmaßnahmen aufgeführt. Insgesamt konnten acht Einzelmaßnahmen quantifiziert werden. Diese umfassten folgende Maßnahmen:

Handlungsfeld „Nutzung alternativer Ressourcen“:

- M1 (Bewässerung Stadtgrün)
- M2 (Bewässerung Golfplatz)
- M3 (Bewässerung Sportanlagen)
- M4 (Betriebswassernutzung M.Weg)
- M6 (KA-Ablauf als Betriebswasser, großflächig)

Handlungsfeld „Erhalt und Erhöhung der lokalen Ressourcenverfügbarkeit“:

- M7 (neuer Brunnen)
- M8 (Reaktivierung Brunnen)

Handlungsfeld „Bedarfssenkung“:

- M9 (Wasser sparen mit wassersparenden Einrichtungen im Haushalt)

Die Einzelpositionen der Kostenschätzung sind im Anhang 2-9 für alle kostenseitig quantifizierbaren Einzelmaßnahmen zu finden.

4.3.1 Kostenwirksamkeit von Einzelmaßnahmen

In der Abbildung 33 sind die jährlichen Kosten für die Investition jeder Einzelmaßnahme in Blau und die jährlichen laufenden Kosten (Betriebskosten) in Rot dargestellt. In Summe zeigt sich, dass die Maßnahmen „Kläranlagen-Ablauf als Betriebswasser“ sowie „Bewässerung Sportanlagen“ mit Abstand die teuersten Maßnahmen darstellen.

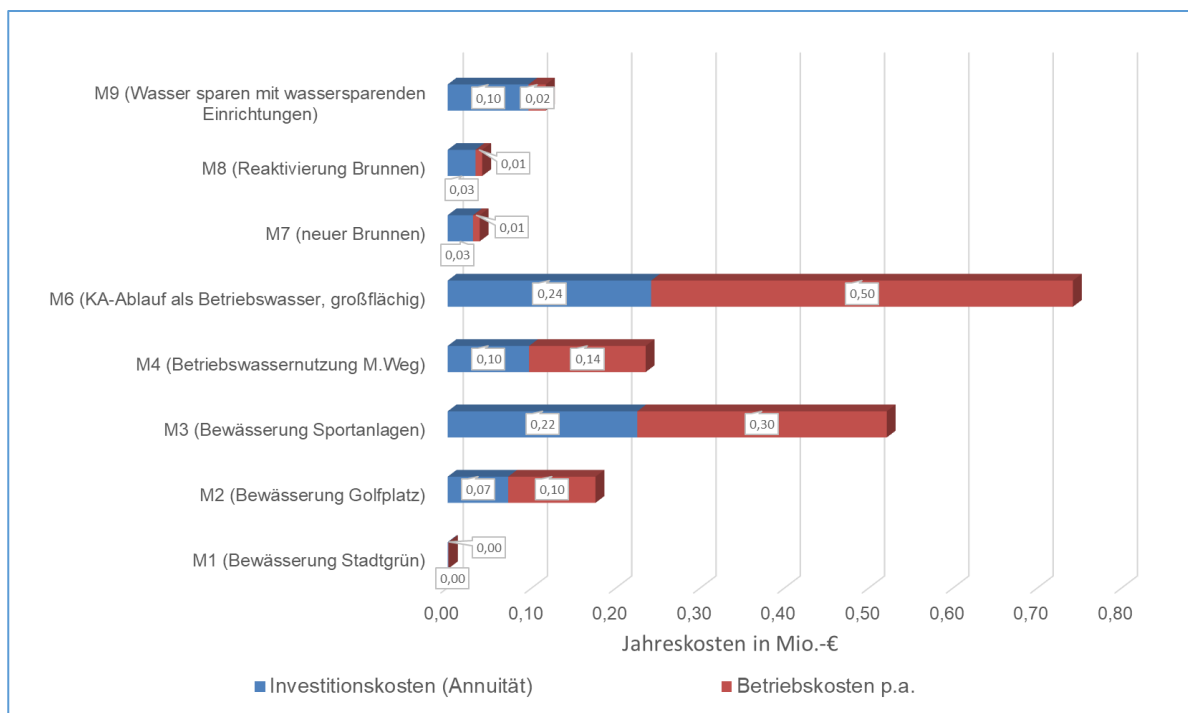


Abbildung 33: Kostenschätzung der quantifizierbaren Einzelmaßnahmen im Vergleich

Ohne die Berücksichtigung der Wirksamkeiten der Maßnahmen gibt diese Auswertung allerdings noch keine Erkenntnisse für eine empfehlenswerte Priorisierung von Einzelmaßnahmen oder für die Zusammenstellung zu einer Maßnahmenkombination. Allerdings zeigt die Abbildung bereits deutlich, welcher Finanzierungsbedarf je Maßnahme zu erwarten ist. Es zeigt sich, dass für die Umsetzung der Einzelmaßnahmen aus dem Handlungsfeld „Alternative Ressourcen“ im Vergleich zu den quantifizierbaren Maßnahmen aus den anderen Handlungsfeldern „Erhalt und Erhöhung der lokalen Ressourcenverfügbarkeit“ sowie „Bedarfssenkung“ die höchsten Kosten refinanziert werden müssten. Denn bis auf die Maßnahme „Bewässerung Stadtgrün“ sind es die teuersten Maßnahmen und liegen alle im sechsstelligen Jahreskostenbereich.

Damit die Einzelmaßnahmen allerdings auch in einer Rangfolge gemessen anhand ihrer Kostenwirksamkeit sortiert werden können, werden nachfolgend die Ergebnisse der Kostenwirksamkeitsbewertung je Einzelmaßnahme zusammengefasst. Dazu wurden die Ergebnisse der oben aufgelisteten Einzelmaßnahmen zunächst in einem Schaubild aufgeführt (siehe Abbildung 34 unten). Hier zeigt sich, dass die Maßnahmen „Bewässerung Stadtgrün“, „Reaktivierung Brunnen“ und „neuer Brunnen“ eine sehr hohe Kostenwirksamkeit aufweisen. Als zweite Gruppe mit geringerer Kostenwirksamkeit lassen sich die Maßnahmen „Wassersparen mit wassersparenden Einrichtungen in Haushalten“, „Bewässerung Golfplatz“, „Betriebswassernutzung Massenheimer Weg“ und „KA-Ablauf als Betriebswasser“ identifizieren. Deutlich

schlechter schneidet die Maßnahme „Bewässerung Sportanlagen“ ab. Sie weist verhältnismäßig hohe Jahreskosten für eine vergleichsweise geringe Wirksamkeit auf. Tatsächlich hat nur die Maßnahme „Bewässerung Stadtgrün“ eine geringere Wirksamkeit, bei allerdings auch viel niedrigeren Kosten.

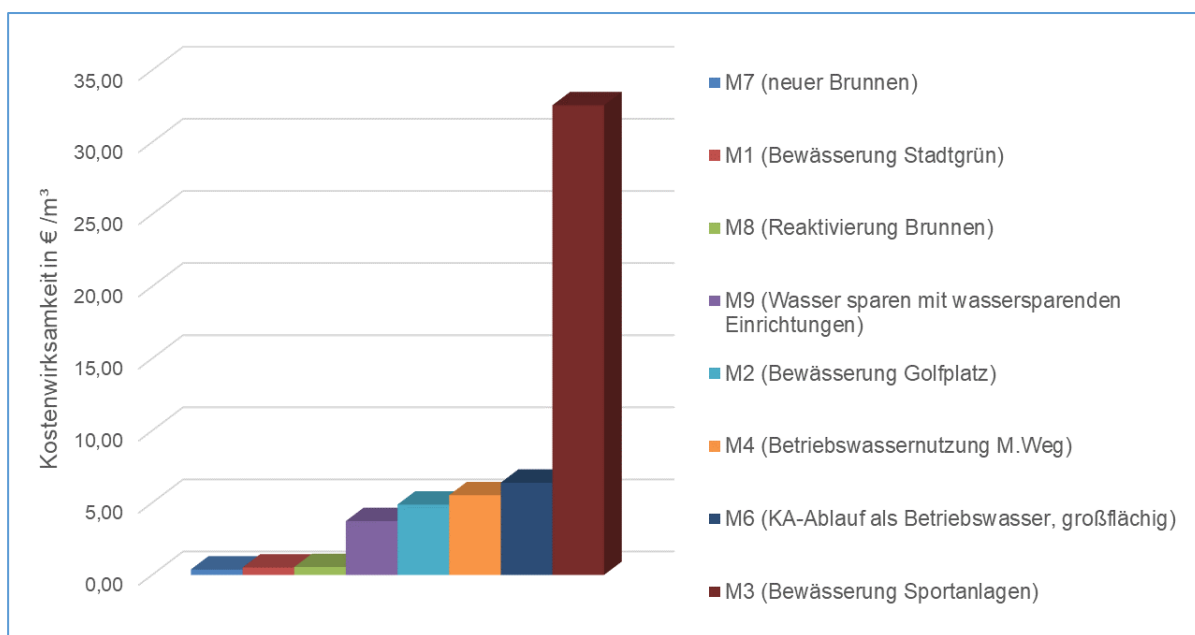


Abbildung 34: Rangfolge der quantifizierbaren Einzelmaßnahmen nach Kostenwirksamkeit

Hier zeigt sich nochmals deutlich, wie „schlecht“ die Maßnahme „Bewässerung Sportanlagen“ im Vergleich zu den anderen Optionen abschneidet. Als bestes schneidet die Maßnahme „neuer Brunnen“, als zweitbestes die Maßnahme „Bewässerung Stadtgrün“ und als drittbestes die Maßnahme „Reaktivierung Brunnen“ ab.

Sensitivitätsanalyse für Robustheit

Um die Robustheit dieser ermittelten Rangfolge zu überprüfen, werden nachfolgend die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse dargestellt und diskutiert. Die Abbildung 35 fasst diese für alle Einzelmaßnahmen zusammen. Sie zeigt jeweils für alle quantifizierbaren Maßnahmen die ermittelte Kostenwirksamkeit für die Basisbewertung als „Strich“ in der Mitte der Boxplots. Die obere Grenze der Box stellt die errechnete Kostenwirksamkeit bei einer potenziellen Kostenunterschätzung um 30 % dar. Dazu wurde der ermittelte Basiswert der Kostenschätzung mit 1,3 multipliziert. Die untere Grenze der Box stellt die Kostenwirksamkeit bei einer potenziellen

Kostenüberschätzung um 30 % dar. Dazu wurde der ermittelte Basiswert der Kostenschätzung mit 0,7 multipliziert.

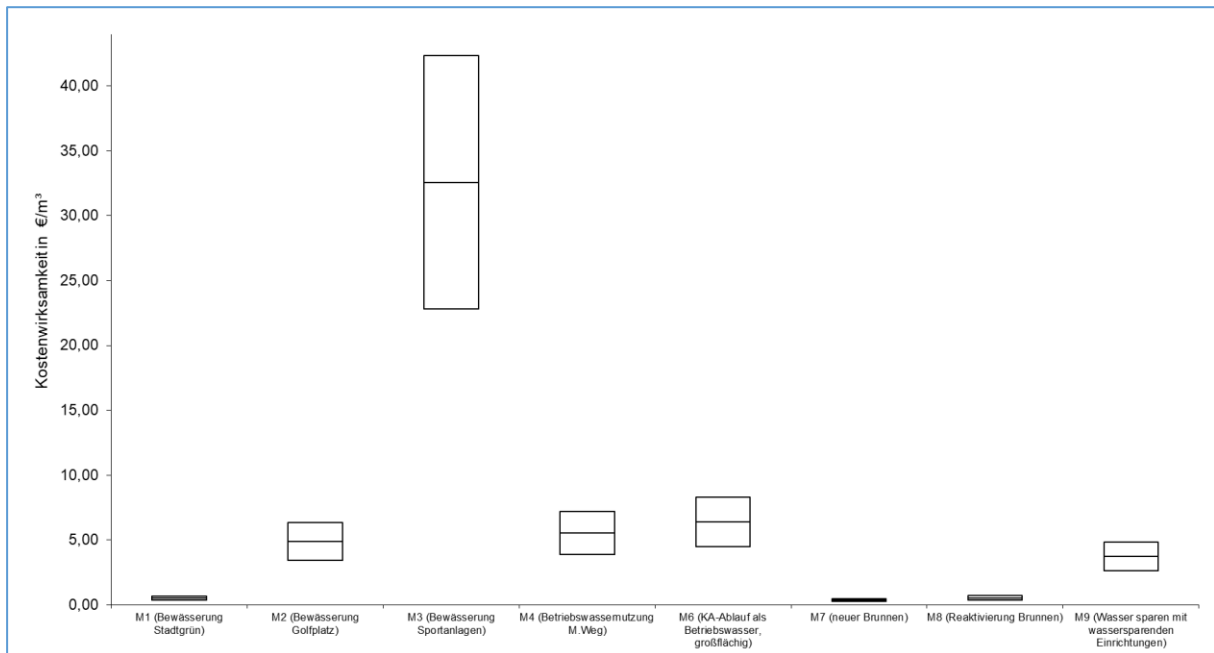


Abbildung 35: Sensitivität der Kostenwirksamkeit bei Kostenunter- oder Kostenüberschätzung (+/-30 %)

Die obige Grafik zur Sensitivität der Einzelmaßnahmen im Vergleich zueinander lässt folgende Interpretation zu: Die ermittelte Rangfolge der Einzelmaßnahmen, gemessen an ihrer Basis-schätzung für die Kostenwirksamkeit, ist nicht für alle ermittelten Ränge robust. Es zeigt sich, dass sich die Unsicherheitsbereiche für die Schätzung teilweise überschneiden. Es lässt sich also z. B. nicht mit ausreichender Sicherheit sagen, dass die Maßnahme zur „Betriebswas- sernutzung Massenheimer Weg“ aufgrund des besseren Kostenwirksamkeitsquotienten (nied- rigerer Wert) besser ist als die Maßnahme „KA-Ablauf als Betriebswasser“. Gleichwohl zeigt sich unter Berücksichtigung der Unsicherheitsspanne, dass es drei klar voneinander abgrenz- bare Maßnahmengruppen gibt, welche jede für sich eine ähnliche Kostenwirksamkeit aus- zeichnet, welche sich wiederum mit ausreichender Robustheit von den anderen Gruppen un- terscheidet. Dazu zählen:

Erste Maßnahmengruppe:

- M1 (Bewässerung Stadtgrün)
- M7 (neuer Brunnen)
- M8 (Reaktivierung Brunnen)

Zweite Maßnahmengruppe:

- M2 (Bewässerung Golfplatz)

- M4 (Betriebswassernutzung M.Weg)
- M6 (KA-Ablauf als Betriebswasser, großflächig)
- M9 (Wasser sparen mit wassersparenden Einrichtungen)

Dritte Maßnahmengruppe:

- M3 (Bewässerung Sportanlagen)

In der Folge deutet dieses Ergebnis der Sensitivitätsanalyse darauf hin, dass es auf den ersten Blick ratsam erscheint, der ersten Maßnahmengruppe eine Priorität in der Umsetzungsprüfung einzuräumen. Das Errichten eines neuen Brunnens ist aufgrund der hydrogeologischen Gegebenheiten und Einschränkungen mit Risiken behaftet. Daher sind im Vorfeld umfangreiche Untersuchungen zu tätigen. Gleiches gilt für die Reaktivierung bestehender Brunnen. Zudem ist die Bewässerung des Stadtgrüns nur eine Maßnahme mit einem absolut geringem Wirksamkeitspotenzial. Das heißt zusammengefasst, dass diese Maßnahmen trotz aller Herausforderungen sehr ernsthaft in Erwägung gezogen werden sollten und es auch sehr empfehlenswert ist, die nächstteurere Maßnahmenklasse für die Umsetzung genauer zu prüfen. In der dritten Maßnahmengruppe wiederum findet sich lediglich die Maßnahme „Bewässerung Sportanlagen“. Diese sticht – gemessen allein am Kostenwirksamkeitsquotienten – als vergleichsweise unwirtschaftlichste Maßnahme heraus und sollte daher höchstes mit niedriger Priorität zur weiteren Umsetzungsprüfung berücksichtigt werden.

4.3.2 Kostenwirksamkeit von Lösungsvarianten

Nicht alle der in Kapitel 4.3.1 einzeln verglichenen und analysierten Einzelmaßnahmen können zusammen umgesetzt werden. Daher wurden zwei Lösungsvarianten zusammengestellt und ebenfalls mit der Kostenwirksamkeitsanalyse untersucht. Eine Lösungsvariante enthält dazu alle quantifizierbaren Einzelmaßnahmen aus den Handlungsfeldern „Erhalt und Erhöhung der lokalen Ressourcenverfügbarkeit“ sowie „Bedarfssenkung“ plus die dezentralen Maßnahmen aus dem Handlungsfeld „Nutzung alternativer Ressourcen“. In der anderen Lösungsvariante sind die zentralen Maßnahmen aus dem Handlungsfeld „Nutzung alternativer Ressourcen“ enthalten, weil diese sich mit den dezentralen Maßnahmen gegenseitig ausschließen. In der nachfolgenden Tabelle 10 sind die beiden Varianten, ihre Jahreskosten, Wirksamkeiten und resultierenden Kostenwirksamkeitsquotienten zusammengefasst.

Tabelle 10: Zusammenfassung alternativer Lösungsvarianten

Dezentrale Lösungsvariante Nutzung alternativer Wasserressourcen mit dezentralen Maßnahmen		\sum p.a. in Tsd. €	Wirksamkeit in Tsd. m ³	€/ m ³
M1 (Bewässerung Stadtgrün)		2	3	0,51
M2 (Bewässerung Golfplatz)		175	36	4,87
M3 (Bewässerung Sportanlagen)		521	16	32,56
M4 (Betriebswassernutzung M.Weg)		235	43	5,53
M7 (neuer Brunnen)		38	100	0,38
M8 (Reaktivierung Brunnen)		41	75	0,55
M9 (Wasser sparen mit wassersparenden Einrichtungen)		117	31	3,73
Summe		1129	304	3,72
Zentrale Lösungsvariante Nutzung alternativer Wasserressourcen mit zentralen Maßnahmen		\sum p.a. in Tsd. €	Wirksamkeit in Tsd. m ³	€/ m ³
M6 (KA-Ablauf als Betriebswasser, großflächig)		742	116	6,40
M7 (neuer Brunnen)		38	100	0,38
M8 (Reaktivierung Brunnen)		41	75	0,55
M9 (Wasser sparen mit wassersparenden Einrichtungen)		117	31	3,73
Summe		938	322	2,91

Im Ergebnis zeigt sich, dass beide Kombinationsmöglichkeiten der Einzelmaßnahmen in Summe eine ähnliche Wirksamkeit aufweisen. Die dezentrale Lösungsvariante kommt insgesamt auf eine Wirksamkeit von ca. 304.000 m³ pro Jahr, die zentrale Lösungsvariante auf eine etwas höhere Wirksamkeit von ca. 322.000 m³ Wasser pro Jahr. Die geschätzten Jahreskosten sind in Summe für die zentrale Lösungsvariante mit 938 T€ pro Jahr günstiger als für die dezentrale Variante mit über 1,1 Mio. € pro Jahr. Folgerichtig ist der aggregierte Kostenwirksamkeitsquotient für die zentrale Lösungsvariante mit 2,91 € pro m² reduziertem Wasserbilanzdefizit besser als die dezentrale Variante mit 3,72 € pro m³.

Relativierend ist an dieser Stelle allerdings zu berücksichtigen, dass die dezentrale Variante insbesondere aufgrund des besonders schlechten Kostenwirksamkeitsquotienten der Maßnahme „Bewässerung Sportanlagen“ im Vergleich abfällt. Außerdem hat die Sensitivitätsana-

lyse der Einzelmaßnahmen (siehe oben in Kapitel 4.3.1) gezeigt, dass sich die meisten Maßnahmen aus dem Bereich „alternative Ressourcen“ in ihren Unsicherheitsspannen (bezogen auf die geschätzten Kosten) in einer vergleichbaren Gruppe wieder finden. Das bedeutet, es kann nicht mit ausreichender Sicherheit gesagt werden, ob die aggregierte Kostenwirksamkeit der zentralen Variante in Wirklichkeit besser ist als jene der dezentralen Variante. Dazu sind die Ergebnisse der Kostenschätzung für die Einzelmaßnahmen auf zu ähnlichem Niveau. Eine tiefergehende Analyse mit Hilfe einer ingenieurstechnischen Vorplanung und Kostenberechnung sollte hier für mehr Klarheit sorgen.

Ggf. sprechen auch qualitative Argumente für eine zentrale Lösung: Sie ist erwartungsgemäß einfacher umzusetzen, da es nicht um viele Einzelmaßnahmen mit entsprechend vielen beteiligten oder zuständigen Stakeholdern, sondern um eine große Infrastrukturmaßnahme geht. Eine zentrale Lösung kann zu einem späteren Zeitpunkt bei Bedarf ggf. einfacher erweiterbar sein als viele kleine dezentrale Maßnahmen. Auch die fortlaufende Wartung der Anlagentechnik ist voraussichtlich für eine zentrale Lösung weniger komplex als für viele verteilte Einzelmaßnahmen. Vorbehaltlich einer Detailplanung ist zu erwarten, dass die finale Entscheidung über die Umsetzung dieser modellierten Lösungsvarianten in Form einer zentralen oder dezentralen Lösungsvariante eher von den örtlichen Gegebenheiten und Umsetzbarkeiten abhängen als von den vorläufigen Kostenwirksamkeiten auf Basis von Kostenschätzungen.

4.3.3 Zusammenfassung

Die nachfolgende Tabelle fasst die ermittelten Kostenwirksamkeiten für alle quantifizierbaren Einzelmaßnahmen zusammen. Zusätzlich zeigt sie den Rang jener Maßnahmen nach dem Kriterium der Kostenwirksamkeit. Den ersten Rang hat die Maßnahme mit dem besten Kostenwirksamkeitsquotienten (Neubau von Brunnen) und den letzten und damit schlechtesten Rang die Maßnahme mit dem höchsten Rechenergebnis (Bewässerung Sportanlagen).

Tabelle 11: Kostenwirksamkeit der quantifizierbaren Einzelmaßnahmen und Maßnahmenpakete

Handlungsfeld Maßnahme / Maßnahmenpaket	Potenzielle Wirksamkeit in m³/Jahr	Bemerkungen	Kostenwirk- samkeit in €/m³ pro Jahr	Rang
Handlungsfeld Erhalt und Erhöhung der lokalen Ressourcenverfügbarkeit				
Neubau von Brunnen	50-150tm³/a	Weitere Untersuchungen und behörtl. Abstimmun- gen erforderlich; grobe Erstschätzung	0,38	1
Betriebswasserbrunnen	50-100tm³/a	Techn. Umsetzbarkeit un- klar, weitere Untersuchun- gen und behörtl. Abstim- mungen erforderlich; grobe Erstschätzung	0,55	3
Handlungsfeld Nutzung alternativer Ressourcen*				
MP1: Bewässerung Stadtgrün	3tm³/a	Sofortmaßnahme mit hoher Öffentlichkeitswirkung	0,51	2
MP2: Bewässerung Golfplatz	36tm³/a	Abstimmung mit Dritten er- forderlich, techn. lösbar	4,87	5
MP3: Bewässerung Sportanlagen	16tm³/a	Hoher Aufwand; große un- terirdische Speicherbecken inkl. Aufbereitung erforderl.	32,56	8
MP4: Betriebswassernutzung Massenheimer Weg	25-60tm³/a	Grobe Schätzung (Erweiterung denkbar)	5,53	6
Alternativ: MP6: Städtisches Be- triebswassernetz	116tm³/a	Zentrale Betriebswasser- versorgung als Alternative zu MP1 bis MP4, zzgl. MP5	6,40	7
Handlungsfeld Bedarfssenkung				
Nutzung wassersparender Einrichtungen (Haus)	31tm³/a	Gerundete Schätzung bei bis zu 3,85m³/a je Einwoh- ner und einer Erreichung von ca. 15% der Haushalte	3,73	4
Potenzielle Wirksamkeit aller der- zeit schätz- oder quantifizierba- ren Maßnahmen / -pakete				

Weiterführende Interpretationen und eine Einordnung der technische-wirtschaftlichen Bewertung für die Umsetzung der Handlungsfelder folgen im Kapitel 5.

5 Vorüberlegungen zur Umsetzung der Handlungsfelder

Für eine erfolgreiche Umsetzung von Handlungsfeldern, die der Reduzierung des Wasserbilanzdefizits dienen, ist eine gesamtstädtische Anstrengung erforderlich. In Bad Homburg v. d. Höhe sind verschiedene städtische Einheiten angesprochen, die direkt oder indirekt Einfluss auf eine oder beide Seiten der Wasserbilanz (dargebotsseitig, bedarfsseitig) nehmen können. Hieraus – und das ist auch ein Ergebnis aus dem Stakeholderworkshop zur Maßnahmenplanung – sollte eine ganzheitliche Handlungsagenda entwickelt werden, die die drei in Kapitel 3 beschriebenen Handlungsfelder gezielt adressieren. Aus dem Stakeholderworkshop kann ein entsprechendes Momentum und Gestaltungswille der Beteiligten abgeleitet werden, dass Thema „Wassersensibilität“ in das strategische und operative Verwaltungshandeln als Leitlinie aufzunehmen.

Unabhängig davon, welcher konkreten Handlungsagenda die beteiligten Institutionen aus anderen fachlichen Aufgabenbereichen folgen, muss im zukünftigen Wassermanagementkonzept das Handeln aller verantwortlichen Institutionen und Personen immer auch die Beeinflussung des zukünftigen Wasserkreislaufs mitdenken. In Bad Homburg ist es erforderlich, das Wassermanagement als zentrales Element neu zu denken und zukünftig als relevanten Punkt auf der politischen, gesellschaftlichen und auch städteplanerischen Entwicklungsagenda zu etablieren.

Die hier vorliegende Studie hat gezeigt, dass Teilbereiche der Handlungsfelder nach dem derzeitigen Kenntnisstand nicht hinsichtlich ihrer Wirksamkeit quantifiziert werden konnten; es sind durch nachfolgende Untersuchungen weitere Kenntnisse insb. bzgl. der dargebotsseitigen Handlungsoptionen für ein präziseres Bild über die tatsächliche Situation zu ermitteln. Andere Maßnahmen waren quantifizierbar und konnten in Bezug auf ihre Wirksamkeit sowie ihre Wirtschaftlichkeit bewertet werden. Hierfür wurde das Kriterium der Kostenwirksamkeit herangezogen, um eine erste Priorisierung erfolversprechender Einzelmaßnahmen und Maßnahmenpakete vornehmen zu können.

Aus Sicht der Gutachter gibt es – unabhängig von der Kostenwirksamkeit – zwingend erforderliche Maßnahmen, die, unabhängig davon, ob sie in dieser Studie quantifizierbar oder wirtschaftlich bewertbar waren oder nicht, als fester Bestandteil im zukünftigen Wassermanagement in Bad Homburg v. d. Höhe verankert werden sollten. Diese Maßnahmen sind als sog. „No-regret“-Maßnahmen bzw. aus Sicht der Gutachter zwingend erforderliche Maßnahmen in Kapitel 5.2 erläutert. Kapitel 5.1 beschreibt die technisch-wirtschaftliche Priorisierung der bewerteten Maßnahmen und Maßnahmenpakete.

5.1 Maßnahmen priorisiert nach Kostenwirksamkeit

Für eine eindeutige Rangfolge aller Maßnahmen müssen die Einzelmaßnahmen nach der ermittelten Kostenwirksamkeit sortiert werden. Nachfolgend sind daher alle Einzelmaßnahmen entsprechend ihrer Rangfolge nach der Kostenwirksamkeit über die erwarteten Jahreskosten abgebildet. Die Maßnahmen zur linken Seite im Diagramm sind als vergleichsweise kostenwirksame Maßnahmen einzuordnen (vergleichsweise niedrige Kosten pro Kubikmeter reduzierten Wasserbilanzdefizits). Zur rechten Seite sind die weniger kostenwirksamen Maßnahmen abgebildet (hohe Kosten pro Kubikmeter reduzierten Wasserbilanzdefizits).

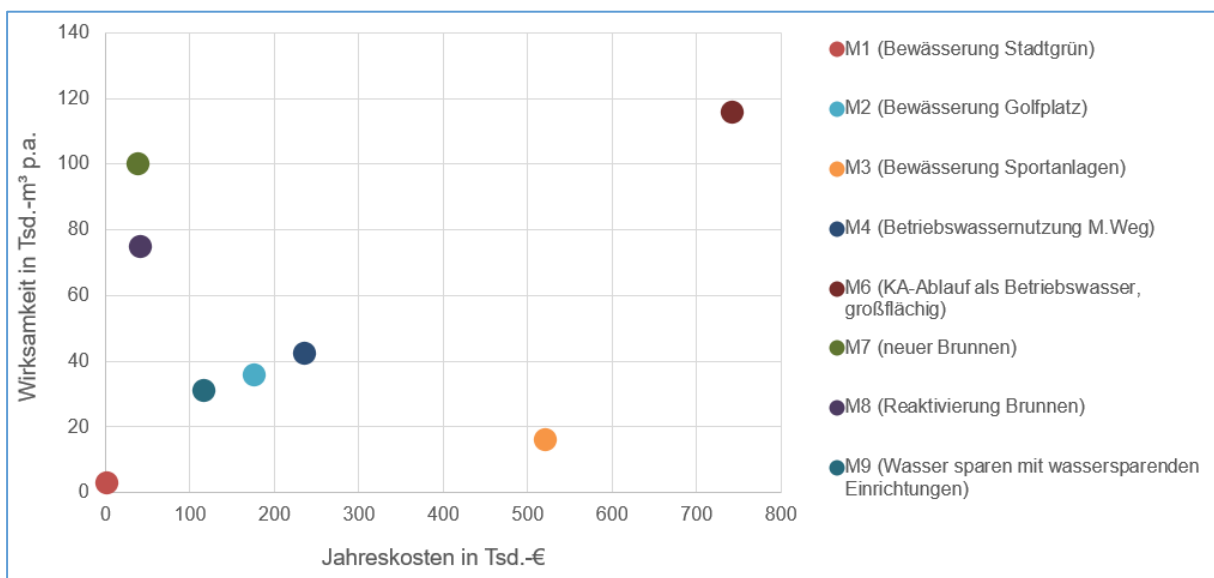


Abbildung 36: Vergleich der quantifizierbaren Einzelmaßnahmen nach Wirksamkeit und Jahreskosten

Aus wirtschaftlicher Sicht ist es somit empfehlenswert, die sechs Maßnahmen auf der linken Chart-Seite zu priorisieren und den Maßnahmen auf der rechten Chart-Hälfte vorzuziehen.

Mittelfristig ist die Nutzung alternativer Wasserressourcen in Bad Homburg v. d. Höhe ein zentrales Element für den städtischen Planungs- und Entwicklungsprozess, um die Reduktion des Wasserbilanzdefizits zu unterstützen. Hierzu sind entsprechende Entscheidungen zur weiteren Vorgehensweise durch die Verantwortlichen zu treffen, um die Ausgestaltung für die Umsetzung abschließend zu definieren.

Auf Basis der Kostenwirksamkeitsanalyse wird empfohlen, eine kontinuierliche Arbeitsgruppe einzusetzen, welche die nachfolgend genannten Maßnahmen aufgabenübergreifend weiter präzisiert und auf Basis einer detaillierteren Planung, die über die in dieser Studie zugrunde

liegende konzeptionelle Ebene hinausgeht, zu prüfen, ob zur Nutzung alternativer Wasserressourcen vor Ort eher mit dezentralen oder zentralen Lösungen durch die Maßnahmenträger zeitlich und technisch umsetzbar und finanzierbar sind.

5.2 Zwingend erforderliche Maßnahmen

Im Rahmen der vorliegenden Studie konnte ein breites Spektrum quantifizierbarer Einzelmaßnahmen für die jeweiligen Handlungsfelder bezüglich ihrer Wirksamkeit und bzw. oder der Kosten abgeschätzt werden. Dennoch gibt es eine Reihe empfehlenswerter Maßnahmen, welche vom Gutachterteam als wirksam erachtet werden bzw. deren Nützlichkeit dringend zur Überprüfung zu empfehlen ist, auch wenn diese nicht quantifizierbar waren. Diese sollten vorsorglich ergriffen werden, um weitere negative Auswirkungen zu vermeiden oder zu mindern (sog. „No-Regret“-Maßnahmen). Entsprechende Maßnahmen werden nachfolgend skizziert.

Erhalt der lokalen Ressourcenverfügbarkeit

Zum Erhalt des nutzbaren Grundwasserdargebots bei durch den Klimawandel bedingter Abnahme der Grundwasserneubildung werden Maßnahmen im Zuge der Waldbewirtschaftung und der Umbau zum Wasserwald als ein zwingend erforderlicher Baustein angesehen. Ein vielversprechendes Potential zur Steigerung und Stützung der Grundwasserneubildung in Höhe von ca. 15-30 % lässt der Waldumbau vom Nadelwaldbestand zum Laubmischwald, insbesondere im Zusammenspiel mit angegliederten Maßnahmen wie z. B. der Anlage von Hecken, dem Belassen von Totholz oder dem Aufbau von Humus im Boden, erwarten. Eine genaue Quantifizierung des Effekts dieser Maßnahmen auf die Grundwasserneubildung ist jedoch ohne weitergehende Untersuchungen nicht möglich. Deshalb und aufgrund der erwarteten, langen Zeit bis zur spürbaren Wirkung der Maßnahme werden eine zeitnahe Umsetzung von zusätzlichen Studien zum Potential und zur Umsetzbarkeit des Waldumbaus sowie die (zumindest versuchsweise) Umsetzung inklusive eines umfassenden Monitorings zum Nachweis der Wirksamkeit empfohlen. Kurz- und mittelfristige Maßnahmen wie die Anpassung des Wegenetzes, der Rückbau von Entwässerungsgräben oder die Verringerung der Bodenverdichtung und Flurschäden sollten trotz nicht genau quantifizierbarer Wirksamkeit ebenfalls unverzüglich umgesetzt werden, um einen Teil der in den kommenden Jahren erwarteten Reduktion der Grundwasserneubildung zu kompensieren. Um den Nutzen und die technische Umsetzbarkeit von zusätzlichen Versickerungsanlagen zur Grundwasseranreicherung ermitteln zu können, wird die zeitnahe Durchführung einer Machbarkeitsstudie empfohlen.

Nutzung alternativer Ressourcen

Im Bereich der Betriebswassernutzung wird es aus Sicht der Gutachter zwingend erforderlich, den Aspekt der alternativen Wasserressourcen bei der wassersensiblen Entwicklung von Neubaugebieten oder bei Nachverdichtungen als Leitmotiv mitzudenken. Derzeit findet dieser Aspekt keine Berücksichtigung, denn der Fokus liegt auf den Bereichen Hochwasserschutz und Entwässerung. Hier werden zwar einzelne Elemente der Siedlungswasserwirtschaft angewandt (z. B. lokale Versickerung und Regenrückhalt über Mulden oder Abflussminderung durch Retentionsflächen), jedoch wird eine Nutzung von dezentral anfallenden Wasserdargeboten nicht in die Planungen einbezogen. Baulich ist es jedoch kein erheblicher Mehraufwand von einem Regenrückhaltebecken oder Stauraumkanal zu einem Speicherbecken für Regenwasser. Daher wird empfohlen, bei der Entwicklung oder Erweiterung von Gewerbe- und Wohngebieten sowie der Nachverdichtung bestehender Gebiete systematisch nachhaltige Nutzungskonzepte für alternative Wasserdarangebote auf Quartiersebene zu entwickeln und umzusetzen. Das Gewerbegebiet Massenheimer Weg könnte hierfür ein Modellprojekt werden.

Ein weiterer Aspekt, der betrachtet werden sollte, ist die Möglichkeit ein Betriebswassernutzungskonzept für bestehende Quartiere zu finden. Die Bestandsaufnahme in AP1 (G1) hat gezeigt, dass hier sehr große Wassersparpotenziale liegen. Es wird daher empfohlen, in einer weiteren Studie Transformationsszenarien anhand eines bestehenden Modellquartiers zu entwickeln (vgl. Maßnahmensteckbrief #19).

Senkung des Wasserbedarfs

Falls möglich, ist darüber hinaus eine genauere Messung von Wasserentnahmen aus den Grundwasserkörpern zu empfehlen. Für genehmigungsfreie und nur anzeigepflichtige Entnahmen bis 3.600 m³/a müsste dazu allerdings vermutlich zunächst eine Änderung des Hessischen Wassergesetzes oder eine Rechtsverordnung eingeführt werden. Für genehmigungspflichtige Entnahmen wiederum sollte sich bei den zuständigen Wasserbehörden dafür eingesetzt werden, eine Erfassung und Berichtspflicht über die tatsächlichen Entnahmemengen grundsätzlich als Nebenbestimmung vorzuschreiben und der Gemeinde die Informationen für das regionale Wassermanagement zur Verfügung zu stellen.

Weiterhin sollten verschiedene technische Maßnahmen für die Zukunft angestoßen werden, auch wenn ihre Wirkung noch nicht vollständig quantifizierbar ist. Dazu zählt der Aufbau eines jährlichen „Wasserbilanz-Reporting“ in Form einer Wasserbilanzierung über alle Wasserarten (z. B. visualisiert als Sankey-Diagramm inkl. Nicht-Trinkwasser), somit weiter gefasst als DVGW W392. Als kontinuierliche Überwachung der Gesamt-Wasserbilanz können so frühzei-

tiger kritische Veränderungen auf der Dargebots- und Bedarfsseite festgestellt werden. Weiterhin zählt dazu die Sicherstellung und ggf. der Ausbau der Fremdbezugsoptionen. Darüber hinaus stellt die aktive Reduktion der nicht bilanzierten Wassermengen ein wichtiges Handlungsfeld dar. Es wird eine zielgerichtete Ursachenanalyse empfohlen, um herauszufinden, welche Bestandteile die Höhe der nicht bilanzierten Wassermengen begründen; evtl. kann die Reduzierung möglicher Leckagen vorhandene Wasserverluste im Trinkwassernetz als Teilmenge der nicht bilanzierten Wassermengen reduzieren und so den Wasserbedarf senken. Je nach Ergebnis der Ursachenanalyse sollten gezielte Maßnahmen zum Wasserverlustmanagement und zur Rehabilitation vorbehaltlich weiterer Untersuchungen und bereits laufender Instandhaltungsprogramme bei den Stadtwerken zielführend sein. Hier gibt das Technische Regelwerk des DVGW entsprechende Orientierung. Es wird empfohlen, das Thema Wasserverlustmanagement mit einer strategischen Sichtweise zu kombinieren und anhand von gezielten Hotspotanalysen die Rehabilitationsmaßnahmen kosteneffizient im Rahmen einer zustands- oder risikoorientierten Instandhaltungsstrategie zu planen und umzusetzen.

Es wurden auch organisatorische Maßnahmen entwickelt, die im Einzelnen in den Steckbriefen beschrieben, jedoch bisher nicht quantifizierbar sind. Zentral und auch mit entsprechender Akzeptanz bei den beteiligten Stakeholdern versehen, waren intensive Kommunikationsmaßnahmen, die sowohl die Bevölkerung als auch Unternehmen aller Sektoren adressieren sollen. Im Maßnahmen-Workshop (Kapitel 2.3) wurde der Leitgedanke „Bad Homburg wird wassersensibel“ entwickelt. Dieser sollte zukünftig auf alle Handlungsfelder wirken und als Handlungsmaxime für zukünftige Entscheidungen maßgebend werden. Der Leitgedanke muss durch unterschiedliche städtische Einrichtungen und Entscheidungsträger unterstützt werden. Entsprechende Maßnahmen sind im Steckbrief Sensibilisierung der Öffentlichkeit (Kapitel 3.3.2.1) und Wasserfußabdruck (Kapitel 3.3.2.2) beschrieben. Zu klären ist, welche rechtlichen Möglichkeiten bestehen, die bestehende Wasserampel „schärfer“ auszugestalten und stärker mit Sanktionen oder Nutzungseinschränkungen zu belegen.

Bei den organisatorischen Maßnahmen sind alle Stakeholder weiterhin kontinuierlich einzubinden, um das ganzheitliche Wassermanagementkonzept in den nächsten Jahrzehnten kooperativ umzusetzen zu können.

5.3 Zeitliche Visualisierung des Wirkpotenzials quantifizierter Maßnahmen

Aufbauend auf der Kostenwirksamkeit der Einzelmaßnahmen und Maßnahmenpakete wird in diesem Kapitel das Wirkpotenzial auf das Wasserbilanzdefizit über die Zeit visualisiert. Dazu wurde eine auf Annahmen für die Umsetzungszeiträume der Maßnahmen induzierte Visualisierung des summarischen Wasserbilanzdefizits erstellt. Für diese Visualisierung wurden zwei Maßnahmenpakete zugrunde gelegt. Als Basis dienen für die erste sowie die zweite Variante jene Maßnahmen, die bereits für die beiden Maßnahmenpakete gemäß Tabelle 11 oben zusammengefasst wurden. Da in der Visualisierung das Wirkpotenzial im Vordergrund steht, können für beide Visualisierungen ergänzend noch folgende Maßnahmen und Wirksamkeiten mitberücksichtigt werden:

- Ansiedlung (prozess-)wasserarmer Industrie mit einer per Annahme jährlichen Wirksamkeit von 185 Tsd. m³ Wasser ab Jahr 2
- Betriebswassernutzung städtische Gebäude mit einer per Annahme jährlichen Wirksamkeit von 7 Tsd. m³ Wasser ab Jahr 10

Die verschiedenen Vorlaufzeiten (z. B. Zeiträume von der Genehmigungs-/Bauphase bis zur Inbetriebnahme) sind aus den Steckbriefen abgeleitet und als Annahme berücksichtigt, bis eine Maßnahme ihre Wirksamkeit entfaltet. Die nachfolgende Tabelle 12 fasst die eingegangenen Annahmen für die Visualisierung zusammen.

Tabelle 12: Visualisierungsannahmen: geschätzte Vorlaufzeiten und potenzielle Wirksamkeiten je Variante

Maßnahme	Enthalten in Variante 1 (dezentrale alternative Ressourcen)	Enthalten in Variante 2 (zentrale alternative Ressourcen)	Annahme zur Vorlaufzeit bis zur Wirksamkeit in Jahren (Schätzung)	Potenzielle Wirksamkeit in m³ p.a.
Reaktivierung Brunnen	x	x	10	75.000
Neuer Brunnen	x	x	10	100.000
Bewässerung Stadtgrün	x		sofort umsetzbar	3.000
Bewässerung Golfplatz	x		2	36.000
Bewässerung Sportanlagen	x		5	16.000
Betriebswassernutzung GWG Massenheimer Weg	x		10	42.500
Betriebswassernutzung städtische Gebäude	x	x	10	7.000
Weitergehende Aufbereitung von Klarwasser Ablauf KA		x	10	116.000
Wassersparende Einrichtungen weit verbreitet in Haushalten nutzen	x	x	1	Maximal 3,85 m³ p.a. und Einwohner, per Annahme werden über 10 Jahre sukzessive 15% der Bevölkerung erreicht
Ansiedlung (prozess-)wasserarmer Industrie	x	x	1	185.000
Analyse und Reduktion nicht bilanzierter Wassermengen	x	x	10	Mittelwert aus dem geschätzten Potentialintervall zw. 100-150 Tsd. m³/p.a.

Ausgangsbasis für die Visualisierung stellt das Wasserdefizit dar, welches unter Berücksichtigung des mittleren Bevölkerungsentwicklungsszenarios (Datengrundlage G1), also mit einem Bevölkerungsanstieg bis 2030 auf 56.190 Einwohner zugrunde legt. Auf die Entwicklung des Wasserdefizits wurde unter Berücksichtigung der Vorlaufzeit jeweils das Wirkpotenzial der Einzelmaßnahmen angerechnet. Die Visualisierung endet jeweils im 11. Jahr gem. den vorliegenden Datengrundlagen zur Trinkwasserbedarfsprognose (Bevölkerungsentwicklung bis 2030 vorliegend).

Nachfolgende Abbildung 37 und Abbildung 38 stellen das Ergebnis der Visualisierung für die beiden betrachteten Varianten dar (Maßnahmenkombination dezentral vs. zentral).

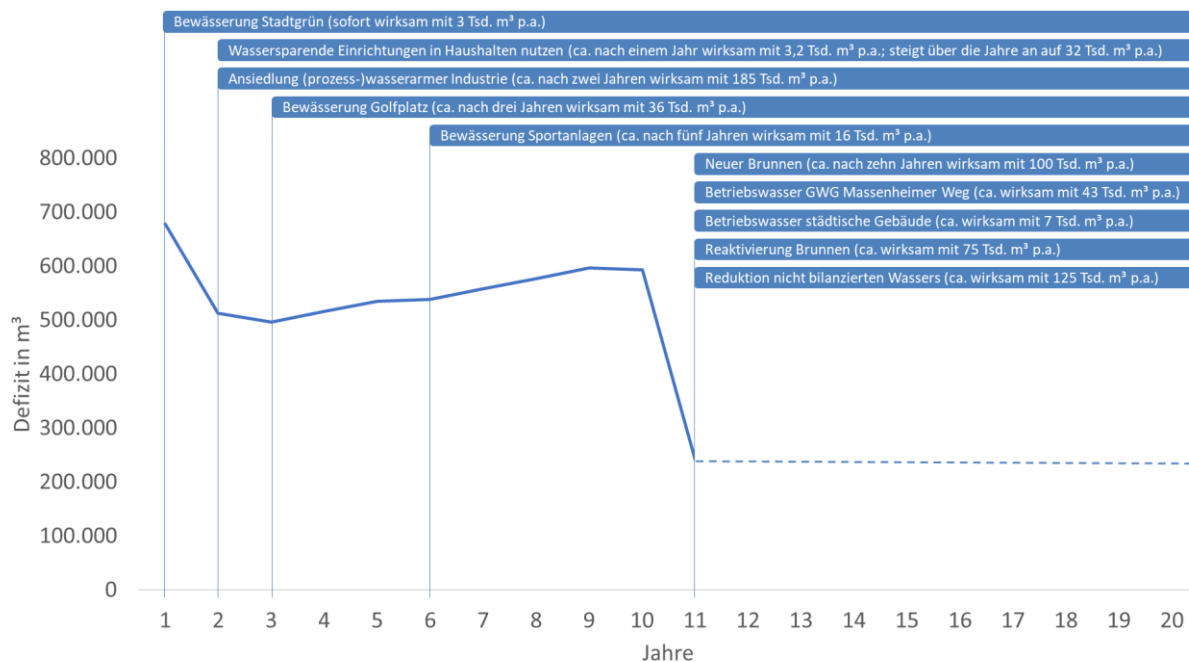


Abbildung 37: Visualisierung des Wasserbilanzdefizits mit dezentralen Maßnahmen unter Berücksichtigung der Annahmen zur Vorlaufzeit (MP1 bis MP5)

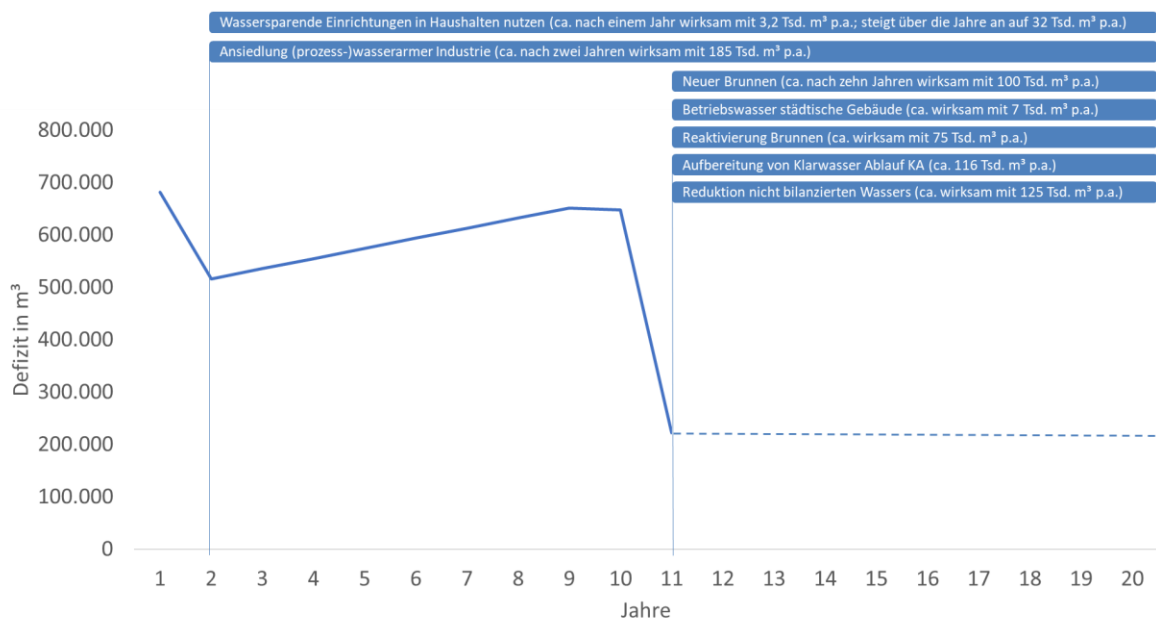


Abbildung 38: Visualisierung des Wasserbilanzdefizits mit zentralen Maßnahmen unter Berücksichtigung der Annahmen zur Vorlaufzeit (MP5 bis MP6)

Die Ergebnisse der vorliegenden Visualisierung zeigen, dass der Wirkzeitpunkt und somit die Umsetzungsgeschwindigkeit der Maßnahmen für die Reduktion des Defizits ein Schlüsselfaktor sind. Es zeigen sich zwei entscheidende Punkte, an denen das Wasserbilanzdefizit signifikant reduziert wird: Das ist zum einen die Wirkung der Maßnahme „Ansiedlung (prozess-)wasserarmer Industrie“ ab Jahr 2 und zum anderen eine signifikante Reduktion des Wasserbilanzdefizits nach 10 Jahren, weil ab Jahr 11 per Annahme Maßnahmen zur „Reaktivierung alter Brunnen“ und „neuer Brunnen“ auf der Dargebotsseite greifen. Weiterhin wirkt sich im Szenario mit zentralen Maßnahmen insb. die Maßnahme „Weitergehende Aufbereitung von Klarwasser Ablauf KA“ besonders positiv aus. Im Szenario mit dezentralen Maßnahmen sind wiederum nach 10 Jahren annahmegemäß alle Einzelmaßnahmen wirksam.

Im Vergleich der beiden Visualisierungen zeigt sich, dass die dezentralen Maßnahmen aus dem Handlungsfeld Nutzung alternativer Ressourcen aufgrund ihrer angenommenen, schnelleren Umsetzbarkeit sich auch schneller positiv auswirken und somit das Wasserbilanzdefizit in zeitlichen Verlauf bis zum zehnten Jahr stärker reduzieren bzw. glätten könnten, als es bei der zentralen Variante der Fall zu sein scheint.

Abschließend ist es wichtig die Limitationen dieser Visualisierung zu beachten. Sie dient lediglich der zeitlichen Plausibilisierung möglicher Umsetzungsfragen. Sie ist zwar stark annahmenbasiert, kann jedoch Hinweise für die handelnden Institutionen und Personen geben, wie wasserwirtschaftliche Maßnahmen, die i. d. R. langfristig orientiert sind und entsprechende Wirkungen erst mittel- bis langfristig erwarten lassen, zu priorisieren sind.

Die zeitliche Entwicklung des Wasserbilanzdefizits wird in Zukunft mit hoher Wahrscheinlichkeit keinem der hier beschriebenen Pfade exakt entsprechen, dennoch verdeutlicht sie, dass entsprechende zeitliche Vorlaufzeiten für das zukünftige Wassermanagementkonzept für Bad Homburg v. d. Höhe dringend von den Handelnden mitberücksichtigt werden müssen.

6 Empfehlungen für das zukünftige Wassermanagementkonzept für Bad Homburg v. d. Höhe

Die Stadt Bad Homburg v. d. Höhe steht wie andere Kommunen oder Wasserversorger vor neuen wasserwirtschaftlichen Herausforderungen. Insbesondere der Klimawandel, Erfahrungen aus der Pandemie und auch präsenter werdendes Umweltbewusstsein in der Gesellschaft und in den Unternehmen verändern traditionelle Verhaltens- und Nutzungsmuster hin zu stärker nachhaltig orientierter Denkweise. Das Thema Trinkwasser ist in diesem Zusammenhang aber selten Topthema auf der kommunalen Agenda der handelnden Akteure und steht i. d. R. hinter anderen Themenfeldern zurück. Es gilt zukünftig, das Thema Wassernutzung ebenso in das Bewusstsein zu bringen wie Themen zu Smart City oder zur Energiewende. Tatsächlich gibt es hier auch diverse Schnittstellen, wie die Verbindung der Leitgedanken zwischen Wassernutzung und Smart City. Diese verbindenden Elemente gilt es stärker zu nutzen.

Wasserknappheit mit drei zentralen Handlungsfeldern gemeinsam begegnen

Bad Homburg v. d. Höhe liegt in einer eher „wasserarmen“ Region, weshalb im hessischen Raum seit jeher größere Fernversorgungssysteme lokale Trinkwasserversorgungen vielerorts stützen. Es zeichnet sich ab, dass innerhalb der nächsten Jahrzehnte die Nutzung von Fernwasserversorgungen zwischen Fern- und Ortsversorgern sowie die Schaffung von Querverbänden zwischen Orts- und Regionalversorgern in der Ausgestaltung langlebiger Trinkwassersysteme Berücksichtigung finden müssen. Zugleich sind die Aufgaben zur Erhöhung von Effizienz und Resilienz in bestehenden Ver- und Entsorgungssystemen zu lösen.

Für die Wasserbilanz in Bad Homburg v. d. Höhe wurden auf Basis der Bestandsaufnahme im ersten Projektabschnitt (Datengrundlage G1) Handlungsfelder erarbeitet, die den o. g. Herausforderungen begegnen können. Diese Handlungsfelder müssen zukünftig fester Bestandteil des lokalen Wassermanagements in Bad Homburg v. d. Höhe werden und lauten:

- Erhalt und Erhöhung der lokalen Ressourcenverfügbarkeit,
- Nutzung alternativer Ressourcen und
- Senkung des Wasserbedarfs.

Diese drei Handlungsfelder beinhalten unterschiedliche Maßnahmen, die nur mit verschiedenen Fachbereichen der Stadtverwaltung und unterschiedlichen städtischen Einrichtungen (z. B. Stadtwerke, Kur und Kongress, Betriebshof, Forst etc.) gemeinsam er- und bearbeitet werden können. Die Gesamtheit der Maßnahmen und der kombinierten Maßnahmenpakete bilden die Grundlage für ein zukunftsfähiges Wassermanagement für Bad Homburg v. d. Höhe, weisen auf Umsetzungspfade hin, aber zeigen auch weiteren Untersuchungsbedarf auf.

Weitere Untersuchungen erforderlich

Trotz umfangreicher Recherchen und Bestandsaufnahmen konnten nicht alle definierten Maßnahmen vollständig quantifiziert werden, einige sind nach aktueller Studienlage derzeit nicht quantifizierbar. Dies betrifft z. B. Maßnahmen zur Stützung der Grundwasserneubildung, aber auch einen großen Teil der organisatorischen Maßnahmen im Handlungsfeld Bedarfssenkung. Zum Verständnis der Systembedingungen der lokalen Ressourcen insbesondere hinsichtlich der natürlichen Versickerung, Grundwasserneubildung und Grundwasserströmung wird ein entsprechendes Untersuchungsprogramm empfohlen (Kapitel 3.1.5), um Wissenslücken zu beseitigen. Andere Maßnahmen und bereits verortete Maßnahmen(-pakete) zur Realisierung der Nutzungspotenziale aus alternativen Ressourcen konnten so konkret definiert werden, dass sie von den Verantwortlichen im Detail zwar inhaltlich weiter spezifiziert und ggf. angepasst werden müssen, aber auf Grundlage weiterer Planungsschritte grundsätzlich umgesetzt werden könnten.

Umsetzung kurz- und mittelfristig vorbereiten und vornehmen

Um aus der Vielzahl an Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen eine Auswahl zu treffen, steht für die quantifizierten Maßnahmen das Kriterium der Kostenwirksamkeit zur Verfügung und gibt eine entsprechende Priorisierung vor (Kapitel 4.3). Die Maßnahmen zur Nutzung alternativer Wasserressourcen sind aus Sicht der Gutachter wichtige Ergänzungen für ein ganzheitliches Wassermanagementkonzept, reduzieren das Wasserbilanzdefizit aber im Vergleich zu den anderen Handlungsfeldern in vergleichsweise geringerem Maße. Dennoch sind sie zur Umsetzung im Sinne eines ganzheitlichen Wassernutzungskonzepts dringend empfohlen.

Erhalt und Erhöhung der lokalen Ressourcenverfügbarkeit und Senkung des Wasserbedarfs als Schwerpunkt der zukünftigen Handlungsagenda

Der Schwerpunkt des zukünftigen Handelns sollte aus Sicht der Gutachter die Rohwasserverfügbarkeit fokussieren, insb. die Stützung der Grundwasserneubildung sowie die langfristige Sicherstellung und ggf. Erweiterung des Fremdbezugs oder Schaffung resilienter Querverbünde. Hierzu sind im Handlungsfeld Erhalt der lokalen Ressourcenverfügbarkeit verschiedene Maßnahmen wie Waldumbau, Abflussminderung und Versickerung beschrieben (Kapitel 3.1) und Gespräche mit den beteiligten örtlichen, regionalen und überregionalen Wasserversorgern aufzunehmen (Kapitel 3.5).

Aufgrund der langen Vorlaufzeit bis zur Wirkung dieser dargebotsseitigen Maßnahmen wird die schnellstmögliche Umsetzung von Detailuntersuchungen in Form von Pilotierungen bzw. Versuchsvorhaben auf geeigneten Testflächen unter engmaschiger Beobachtung empfohlen.

Bei Nachweis der technischen Umsetzbarkeit und eines signifikanten Potenzials für den Erhalt oder Erhöhung des lokalen Grundwasserdargebots, ist eine großflächige Umsetzung der entsprechenden Maßnahmen geboten. Die Maßnahmen Waldumbau, Abflussminderung und Versickerung müssen dabei integriert und aufgrund ihrer Einordnung als sog. „No Regret“-Maßnahmen prioritär betrachtet werden. Bei erfolgreichem Nachweis der Erhöhung des Grundwasserdargebots ist die zusätzliche Durchführung von Erkundungsvorhaben für neue Brunnen und die Erhöhung der Entnahmemengen aus den Stollen angezeigt. Es wird vorbereitend empfohlen, ein Untersuchungsprogramm zum Wasserdargebot (vgl. 3.1.5) mit erweitertem Monitoring aller Komponenten der dargebotsseitigen Wasserbilanz umgehend zu realisieren. Dies dient der Schaffung der notwendigen Datenbasis um anstehende Erkundungen umsetzen zu können (vgl. 3.1.5.).

Im Handlungsfeld Erhalt und Erhöhung der lokalen Ressourcenverfügbarkeit werden zusammen mit dem Handlungsfeld Senkung des Wasserbedarfs summarisch die größten Potenziale für die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung in Bad Homburg v. d. Höhe erwartet. Allerdings sind die Wirkpotenziale hierzu derzeit nur in Teilen quantifizierbar. Als zentrale technische Maßnahmen leiten sich zur Bedarfssenkung insb. die möglichst schnelle Reduktion der nicht bilanzierten Wassermengen ab, was das Thema Wartungs- und Instandhaltungs- sowie Rehabilitationsstrategie für Trinkwassernetze einschließt. Die Nutzung von Wasserspareinrichtungen sollte anerkannt, unterstützt und – z. B. in städtischen Gebäuden als Vorreiter – umgesetzt werden. Als organisatorische Maßnahmen sind verschiedene Einzelaktivitäten gelistet, die primär auf die Sensibilisierung von Bevölkerung und Unternehmen sowie deren Verhaltensänderung für einen sparsameren Umgang mit Trinkwasser einzahlen werden (Kapitel 3.3.2).

„Wassersensibles Bad Homburg“ als Handlungsmaxime institutionalisieren

Das Instrument des bisherigen sog. „Wassergipfels“, an dem alle städtischen Einrichtungen mit Bezug zum lokalen Wasserkreislauf teilgenommen haben, hat aus Sicht der Gutachter das Potenzial, eine koordinierende Instanz für die dauerhafte Umsetzung von Maßnahmen aus dem Wassermanagementkonzept zu schaffen. Über einen regelmäßigen Austausch und die Bildung von Arbeitsgruppen könnte für Bad Homburg so hohes „Umsetzungsmoment“ für wasserwirtschaftliche Maßnahmen erreicht werden; evtl. kann der Wassergipfel im Sinne einer „kooperativen Wasseragentur“ nach dem Vorbild der „Regenwasseragentur Berlin“ den Transformationsprozess unterstützen und kontinuierlich vorantreiben. In naher Zukunft ließe sich eine Informations-/Anlaufstelle für Bürger, Unternehmen, Verwaltung und Gesellschaft mit hoher Sichtbarkeit für Wassersensibilitätsthemen schaffen. In ferner Zukunft könnte diese Instanz langfristig auch prozessuale Unterstützung in Bezug auf Umsetzungs-, Genehmigungs-

oder Finanzierungsfragen in den o. g. drei Handlungsfeldern geben und so als Anlaufstelle für zukunftsfähige Wassernutzungsänderungen ausgebaut werden. Perspektivisch ließe sich der Leitgedanke „Bad Homburg wird wassersensibel“ etablieren – anknüpfend an die positive und kollaborative Erfahrung aus dem in diesem Projekt erstmals durchgeführten Maßnahmen-Workshop unter Einbindung aller städtischen Stakeholder.

7 Literatur

- Aguardio (2022): Interview mit einem Vertreter der Firma Aguardio zum Potenzial und den Kosten für Wasserverbrauchs-Smart-Meter im Haushaltsbetrieb, nicht veröffentlicht.
- Bastian, Daniel; Drensla, Kinga; Baumgarten, Sven; Wintgens, Thomas (2022): Simultane Pulveraktivkohledosierung im kommunalen Membranbelebungsverfahren. In: Thomas Wintgens und Johannes Pinnekamp (Hg.): Gewässerschutz - Wasser - Abwasser. Wasserwirtschaft im Klimawandel. Tagungsband. Unter Mitarbeit von Verena Kölling. 55. Essener Tagung für Wasserwirtschaft. Aachen. RWTH Aachen - Institut für Siedlungswasserwirtschaft, 27/1-27/13.
- Baur A., Fritsch P., Hoch W., Merkl G., Rautenberg J., Weiß M., Wricke B. (2019): Mutschmann/Stimmelmayer Taschenbuch der Wasserversorgung. Springer Vieweg, Wiesbaden, ISBN/ISSN 978-3-658-23222-1, 1004 S.
- Beier M. (2003): Kennzahlen und Gebührenermittlung in der Siedlungswasserwirtschaft auf Basis einer systematischen Kostengliederung, zugl. Dissertation. an der Hannover Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Universität Hannover.
- Bolte, A., Wolf, B., Anders, S. (2002): Tiefensickerung in Abhängigkeit von realer und natürlicher Waldbedeckung – eine bundesweite Modellstudie. In: Funktionen des Waldes in Verbindung mit dem Landschaftswasserhaushalt, Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Band XV, S. 77–86, Landesforstanstalt Eberswalde.
- Brunner, M., Gurung, A. B., Speerli, J., Kytzia, S., Bieler, S., Schwere, D., Stähli, M. (2019): Beitrag von Wasserspeicher zur Verminderung zukünftiger Wasserknappheit?. *Wasser Energie Luft*, 111(3), 145-152.
- Carstensen P. (2008): Investitionsrechnung kompakt. Gabler, Wiesbaden, ISBN/ISSN 978-3-8349-1220-6, 107 S.
- Davoudi, Arash; Milosevic, Danijela; Scheidegger, Ruth; Schramm, Engelbert; Winker, Martina (2016): Stoffstromanalyse zu verschiedenen Wasserinfrastruktursystemen in Frankfurter und Hamburger Quartieren. Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (Sozialökologische Forschung, Heft 30).
- Destatis (2022a): Arbeitskosten als Stundenlohn im Wirtschaftszweig WZ08-E "Wasserversorg., Entsorg., Beseitig. v. Umweltverschm.", Abfrage aus Destatis-Datenbank, © Statistisches Bundesamt (Destatis), 2022, Stand: 23.12.2022.
- Destatis (2022b): Arbeitskostenindizes: Deutschland, Quartale, Wirtschaftsbereiche, Original- und bereinigte Daten, Abfrage aus der Destatis-Datenbank für: WZ08-E Wasserversorg., Entsorg., Beseitig. v. Umweltverschm., Stand: 23.12.2022.
- Destatis (2022c): Preise und Preisindizes für gewerbliche Produkte (Erzeugerpreise), Fachserie 17 Reihe 2 Statistisches Bundesamt (Destatis).
- Di Zio, Alessia; Prisciandaro, Marina; Barba, Diego (2005): Disinfection of surface waters with UF membranes. In: *Desalination* 179 (1-3), S. 297–305. DOI: 10.1016/j.desal.2004.11.075.
- DIN 18035-2 (2020): Sportplätze - Teil 2: Bewässerung.
- DIN 19650 (1999): Bewässerung - Hygienische Belange von Bewässerungswasser.
- DIN 276 (2018): Kosten im Bauwesen.
- DIN 4049-3 (1994): Hydrologie – Teil 3: Begriffe zur quantitativen Hydrologie
- DWA (2012): Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR Leitlinien). DWA, DVGW, Hennef, 207 S.

- DWA (2021): Merkblatt DWA-M 285-2: Spurenstoffentfernung auf kommunalen Kläranlagen - Teil 2: Einsatz von Aktivkohle - Verfahrensgrundsätze und Bemessung. DWA-M 285-2.
- DWA-A 272 (2014): Arbeitsblatt DWA-A 272: Grundsätze für die Planung und Implementierung Neuartiger Sanitärsysteme (NASS).
- DWA-M 205 (2013): Merkblatt DWA-M 205: Desinfektion von biologisch gereinigtem Abwasser.
- DWA-M 277 (2017): Merkblatt DWA-M 277: Hinweise zur Auslegung von Anlagen zur Behandlung und Nutzung von Grauwasser und Grauwasserteilströmen.
- EU-Richtlinie 2006/7/EG (2006): RICHTLINIE 2006/7/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 15. Februar 2006 über die Qualität der Badegewässer und deren Bewirtschaftung und zur Aufhebung der Richtlinie 76/160/EWG, vom 15.02.2006.
- EU-WasserWVVO (2020): Verordnung (EU) 2020/741 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Mai 2020 über Mindestanforderungen an die Wasserwiederverwendung, vom 25.05.2020.
- Gómez, M.; La Rua, A. de; Garralón, G.; Plaza, F.; Hontoria, E.; Gómez, M. A. (2006): Urban wastewater disinfection by filtration technologies. In: *Desalination* 190 (1-3), S. 16–28. DOI: 10.1016/j.desal.2005.07.014.
- Herbst H., Antakyali D., Sasse R., Ante S., Schulz J. (2016): Kosten der Elimination von Mikroschadstoffen und mögliche Finanzierungsansätze. *Korrespondenz Abwasser, Abfall*, 63(2), 124-130.
- Hinz, Priska (2021): Förderung der Brauchwassernutzung. Kleine Anfrage Thorsten Felsthausen (DIE LINKE) vom 18.11.2020. Antwort durch Ministerin für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Hessischer Landtag. Drucksache 20/4113.
- HWG (2021): Hessisches Wassergesetz (HWG), vom 30.09.2021.
- Karger, Rosemarie; Hoffman, Frank (2013): Wasserversorgung. Gewinnung, Aufbereitung, Speicherung, Verteilung. 14. Aufl. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Kemminer J. (1999): Lebenszyklusorientiertes Kosten- und Erlösmanagement. Springer, Wiesbaden, ISBN/ISSN 978-3-8244-6966-6, S.
- Kochendörfer B., Liebchen J. H., Viering M. G. (2010): Bau-Projekt-Management. Grundlagen und Vorgehensweisen. Vieweg-teuber Verlag, Wiesbaden, ISBN/ISSN 978-3-8348-9682-7, 278 S.
- KOM-M.NRW (2016): Anleitung zur Planung und Dimensionierung von Anlagen zur Mikroschadstoffelimination. 2. überarbeitete und erweiterte Auflage. Hg. v. Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe. NRW. Online verfügbar unter https://nrw-mikro.amit-services.de/fileadmin/user_upload/Broschueren_PDFs_und_Titel_JPGs/Anleitung_Planung_Dimensionierung_11_2016.pdf, zuletzt geprüft am 21.11.2022.
- Korpi E., Ala-Risku T. (2008): Life cycle costing: a review of published case studies. *Managerial Auditing Journal*, 23(3), 240-261.
- Levin H. M., McEwan P. J. (2001): Cost-Effectiveness Analysis: Methods and Applications. Sage Publications, Inc., Thousand Oaks and London, ISBN/ISSN 978 0 7619 1933 9, 308 S.
- Löwenberg, Jonas; Zenker, Armin; Baggenstos, Martin; Koch, Gerhard; Kazner, Christian; Wintgens, Thomas (2014): Comparison of two PAC/UF processes for the removal of micropollutants from wastewater treatment plant effluent: process performance and removal efficiency. In: *Water Research* 56, S. 26–36. DOI: 10.1016/j.watres.2014.02.038.

- Nolde, Erwin (2011): Umgang mit Niederschlagswasser von belasteten Flächen. Ein Plädoyer für die Regenwassernutzung im dicht besiedelten Raum. In: fbr - wasserspiegel 17 (1), S. 21–25.
- Nolde, Erwin (2021): Grauwasser. Eine Ressource mit sehr viel Potenzial. In: fbr - wasserspiegel 26 (4), S. 6–17.
- Nolde, Erwin; Vansbotter, Bent; Rüden, Henning; König, Klaus W. (2007): Innovative Wasserkonzepte. Betriebswassernutzung in Gebäuden. Hg. v. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin.
- Pöhler, H., Schultze, B., Wendel, S., Rust, S., Schwerzer, J. (2013): Auswirkungen von Klimawandel und Waldbaustrategien auf das Grundwasserdargebot im Privatwald der niedersächsischen Osthede., Abschlussbericht KLIMZUG
- Reise, J., Urrutia, C., Böttcher, H., Henneberg, K. (2020): Literaturstudie zum Thema Wasserhaushalt und Forstwirtschaft.
- Rodriguez, Elena; Campinas, Margarida; Acero, Juan Luis; Rosa, Maria João (2016): Investigating PPCP Removal from Wastewater by Powdered Activated Carbon/Ultrafiltration. In: Water Air Soil Pollut 227 (6). DOI: 10.1007/s11270-016-2870-7.
- RWP Die Regenprofis: Funktion einer Regenwassernutzungsanlage. Online verfügbar unter <https://www.rwp-die-regenwasserprofis.de/so-funktioniert-eine-regenwassernutzungsanlage/>, zuletzt geprüft am 06.12.2022.
- Schwaller, Christoph J.; Helmreich, Brigitte; Gerdes, Heiko; Drewes, Jörg E. (2020): Nutzwasser - Gewinnung und Einsatzmöglichkeiten am Beispiel der Schweinfurter Trockenplatte. Abschlussbericht des Forschungsvorhabens. Hg. v. Technische Universität München.
- Sherif Y. S., Kolarik W. J. (1981): Life Cycle Costing: Concept and Practice. International Journal of Management Science, 9(3), 287-296.
- Snyder, Shane A.; Adham, Samer; Redding, Adam M.; Cannon, Fred S.; DeCarolis, James; Oppenheimer, Joan et al. (2007): Role of membranes and activated carbon in the removal of endocrine disruptors and pharmaceuticals. In: Desalination 202 (1-3), S. 156–181. DOI: 10.1016/j.desal.2005.12.052.
- Sommer H., Post M., Estupinan F. (2016): Dezentrale Behandlung von Straßenabflüssen, Übersicht verfügbarer Anlagen, Stand 05/2016, 4. überarbeitete Auflage. Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH, 45 S.
- Sønderlund A. L., Smith J. R., Hutton C., Kapelan Z. (2014): Using Smart Meters for Household Water Consumption Feedback: Knowns and Unknowns. Procedia Engineering, 89, 990-997.
- Sportplatzwelt® (Hg.) (o.J.): Spielfeldbewässerung: Richtlinien, Normen & Co. Online verfügbar unter <https://www.sportplatzwelt.de/fachwissen/19410/spielfeldbewaesserung-richtlinien-normen-co>, zuletzt geprüft am 04.07.2022.
- Stadt Königstein (2020): Zisternensatzung.
- Stadt Kronberg (2005): Satzung über den Bau und Betrieb von Regenwasser-Nutzungsanlagen. Zisternensatzung.
- Stadt Oberursel (2017): Satzung über den Bau und Betrieb von Niederschlagswassersammelanlagen. Zisternensatzung.
- Stewart R. A., Willis R. M., Panuwatwanich K., Sahin O. (2013): Showering behavioural response to alarming visual display monitors: longitudinal mixed method study. Behaviour & Information Technology, 32(7), 695-711.

- Tiefenbeck V., Goette L., Degen K., Tasic V., Fleisch E., Lalive R., Staake T. (2018): Overcoming Saliience Bias: How Real-Time Feedback Fosters Resource Conservation. *Management Science*, 64(3), 1458-1476.
- UBA (2022): Konzeptionelle Weiterentwicklung des Wasserfußabdrucks Zur Abbildung möglicher qualitativer und quantitativer Wasserbelastungen entlang eines Produktlebenszyklus, in UBA-Texte 44/2022.
- WHG (2021): Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushaltes (Wasserhaushaltsgesetz - WHG), vom 18.08.2021.
- White G. E., Ostwald P. F. (1976): Life cycle costing. *Management Accounting*, (57), 39-42.
- Zuverlässigkeitsmanagement Teil 3-3: Anwendungsleitfaden Lebenszykluskosten (IEC 6030033:2004); Deutsche Fassung EN 6030033:2004 (2004): Zuverlässigkeitsmanagement Teil 3-3: Anwendungsleitfaden Lebenszykluskosten (IEC 6030033:2004); Deutsche Fassung EN 6030033:2004. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.

8 Anhang

Verzeichnis der Anhänge

- Anhang 1: Zusammenfassung zur wasserwirtschaftlichen Bestandsaufnahme
- Anhang 2: Inflationsfaktoren für verschiedene Kostenklassen
- Anhang 3: Einzelpositionen der Kostenschätzung für M1 Bewässerung Stadtgrün
- Anhang 4: Einzelpositionen der Kostenschätzung für M2 Bewässerung Golfplatz
- Anhang 5: Einzelpositionen der Kostenschätzung für M3 Bewässerung von Sportanlagen
- Anhang 6: Einzelpositionen der Kostenschätzung für M4 Betriebswassernutzung Massenheimer Weg
- Anhang 7: Einzelpositionen der Kostenschätzung für M6 Nutzung von aufbereitetem KA-Ablauf als Betriebswasser
- Anhang 8: Einzelpositionen der Kostenschätzung für M7 Neuer Brunnen
- Anhang 9: Einzelpositionen der Kostenschätzung für M8 Reaktivierung alter Brunnen
- Anhang 10: Einzelpositionen der Kostenschätzung für M9 wassersparende Einrichtungen in Haushalten

Anhang 1: Zusammenfassung zur wasserwirtschaftlichen Bestandsaufnahme

Die Ergebnisse dieses Abschlussberichts basieren auf den Erkenntnissen des Zwischenberichts zur detaillierten wasserwirtschaftlichen Bestandsaufnahme aus Juli 2022 (Datengrundlage G1). Die Ergebnisse des Zwischenberichts wurden in der Management Summary wie folgt zusammengefasst:

Management Summary zur wasserwirtschaftlichen Bestandsaufnahme

Dieser Zwischenbericht dokumentiert die vorliegenden Erkenntnisse aus der Bestandsaufnahme zur wasserwirtschaftlichen Gesamtsituation im Stadtgebiet der Stadt Bad Homburg v. d. Höhe. Damit sind die Arbeiten zu AP1 (Bestandsaufnahme) im Rahmen des ergebnisoffenen Entwicklungs-Projekts „Entwicklung innovativer Ausgestaltungsoptionen für ein ganzheitliches Wassermanagement“ abgeschlossen.

Zentrale Elemente der Wasserbilanz sind das Wasserdargebot und der Wasserbedarf. Übersteigt der Wasserbedarf das zeitgleich verfügbare Wasserdargebot, entsteht ein Defizit in der Wasserbilanz, was in der Regel zu Versorgungsengpässen und/oder nachgelagerten Betriebsproblemen führt. Im Stadtgebiet Bad Homburg v. d. Höhe liegen sehr komplexe Systembedingungen vor. Gleichzeitig fehlt jedoch eine entsprechend Datenbasis zur Bewertung, die auch mittels extern verfügbarer Quellen nicht kompensiert werden kann. Hinweise hierzu und Empfehlungen zu weiterem Untersuchungsbedarf sind in den einzelnen Unterkapiteln jeweils benannt. Es liegt eine stark zeitliche und räumliche Verteilung der nutzbaren Wasserressourcen mit einer besonders ausgeprägten Saisonalität des Dargebots über Niederschlag und Oberflächenabfluss und einer Fokussierung der Wasserregion im Bereich des im Nordwesten gelegenen Taunuskamm für Niederschlag und Grundwasser vor. Eine Verteilung von Wasser aus dem Nordwesten nach Südosten erfolgt primär über die Oberflächengewässer. Die Grundwasserströmungsbedingungen sind hingegen sehr komplex und bedürfen der weiteren Untersuchung. Ein Grundwasserfluss wird entlang von Störungszonen in entsprechender Tiefe vermutet. Generell zeigt die Wasserversorgung eine starke Abhängigkeit von der Grundwasserneubildung im Nordwesten des Gemeindegebietes (Wald). Die Altersdatierung der gefassten Grundwässer zeigt ein außerordentlich hohes Alter. Details zu den durchgeführten Analysen sind den Kapiteln 2 und 3 dieses Zwischenberichts zu entnehmen.

Die Vorgehensweise für die Bestandsaufnahme und Status quo Analyse betrachtet zwei große Bausteine: Erstens die Ermittlung des Status quo des Wasserversorgungssystems mit

der lokalen Wasserbilanz und zweitens, die Ermittlung alternativer Wassernutzungspotenziale. Im Ergebnis zeigt sich, dass die derzeit wasserrechtlich bewilligten Entnahmemengen den Wasserbedarf bereits heute nicht decken und durch Fremdwasserbezug kompensiert werden muss. In der Zukunft ist eine Verschärfung dieser Situation aufgrund steigender Bedarfe und einem möglicherweise sinkenden Dargebot zu erwarten. Insbesondere in den Sommermonaten ist eine Unterstützung auf der Dargebots- und Bedarfsseite notwendig. Ausgehend von den Bedarfsprognosen wird von einem steigenden Bilanzdefizit von 490.000m³/a bis zu 1.250.000m³/a für Trockenjahre bis 2030 ausgegangen. Dies beinhaltet noch keine Änderung der Grundwasserneubildung. Prognosen gehen hierbei von einer Abnahme von bis zu 25% bis 2050 und 50% bis 2100 aus.

Mögliche kurz- und mittelfristige Einsparpotentiale u. a. durch die proaktive Sensibilisierung der Wassernutzer und die Minderung von Wasserverlusten im Trinkwasserversorgungssystem sind von den Stadtwerken bereits in der Umsetzung. Daneben wird eine Aufrechterhaltung und ggf. Steigerung des Dargebots v. a. am Taunuskamm durch eine gezielte Stützung der Grundwasserneubildung dringend empfohlen. Ergänzt werden sollten die Anstrengungen zur Stützung des Wasserdargebots durch gezielte technische, organisatorische und ggf. verwaltungsrechtliche Maßnahmen auf der Nutzerseite, die bilanziell allerdings nur rd. 1/5 des erwarteten Defizits auffangen kann. Die anstehenden Arbeiten im noch laufenden Vorhaben (AP2 Variantenentwicklung, AP3 ökonomische Bewertung) werden mögliche Maßnahmenpakete definieren, hinsichtlich ihres Kosten-Nutzen-Verhältnisses versuchen zu charakterisieren und Handlungsempfehlungen für ein neues, innovatives ganzheitliches Wassermanagementkonzept für Bad Homburg v. d. Höhe erarbeiten.

Die exemplarischen Quartiersanalysen eines Wohn- und eines Gewerbegebiets in Bad Homburg zeigen grundsätzlich ein hohes Potenzial, Trinkwasser durch Betriebswasser (in Nicht-Trinkwasserqualität) im Stadtgebiet zu ersetzen. In Gewerbegebieten besteht potenziell die Möglichkeit ca. 30% des von Mitarbeitenden genutzten Trinkwassers durch die Nutzung von Betriebswasser für die Toilettenspülung zu substituieren. In Wohngebieten erhöht sich der Anteil auf bis zu 48%, da zusätzlich zur Toilettenspülung auch der Bedarf für Reinigungsarbeiten und die Gartenbewässerung durch Betriebswasser gedeckt werden kann. Als alternatives Wasserdargebot stehen in den untersuchten Quartieren sowohl Grauwasser (gering verschmutzter Abwasserteilstrom) als auch Niederschlagswasser in ausreichender Menge zur Verfügung, sodass darüber hinaus eine zusätzliche Nutzung außerhalb der Quartiere denkbar ist. Weiteren Untersuchungsbedarf benötigt hingegen die Umsetzung solcher Betriebswasserkonzepte, da es sich größtenteils um bestehende Strukturen (im Bestand) han-

delt, in denen eine Betriebswassernutzung mit vergleichsweise hohem baulichem und finan-
ziellem Aufwand verbunden ist. Als weiteres alternatives Wasserdargebot wurde das Klar-
wasser aus der Filterspülung der Trinkwasseraufbereitungsanlagen sowie aus dem Ablauf
der Kläranlage identifiziert.

Zwischenergebnis, Empfehlungen und nächste Schritte

Die Bestandsaufnahme hat gezeigt, dass für die Stadt Bad Homburg dringender Handlungs-
bedarf besteht, um dem sich bereits heute über die Wasserampel ankündigende mittel- und
langfristige Wasserbilanzdefizit mit technischen, organisatorischen und ggf. auch verwaltungs-
rechtlichen Maßnahmen für eine sichere, unterbrechungsfreie und resiliente Trinkwasserver-
sorgung in Bad Homburg v. d. Höhe zu begegnen. Hierbei gilt es, die „richtige“ Maßnahmen-
priorisierung aus einem Pool von Maßnahmenpaketen zu finden. Denkbare Lösungsansätze
liegen in der Stützung der Grundwasserneubildung durch Umbau des Waldes zum Wasser-
wald sowie der Ausbau der (künstlichen) Versickerung und die Minimierung der Entwässerung
entlang von Forst- und Rückewegen. Auch die Ausweitung der Speicherung von Wasser in
Speicherteichen und die Neuerschließung von verfügbaren Grundwasservorkommen sind
mögliche Handlungsoptionen. Die Sensibilisierung der Bevölkerung und Gesellschaft ist eben-
falls hilfreich und sollte aktiv verfolgt werden. Gleichzeitig sollten zusätzliche Wassernutzungs-
konkurrenzen in allen Bereichen vermieden werden, sowohl bei Drittnutzungen als auch bei
Industrie- und Gewerbeansiedlungen, um die Stadt Bad Homburg mittel- bis langfristig zu einer
wassersensiblen Stadt mit einem resilienten Wasserkreislauf zu entwickeln.

Hierzu werden in den laufenden Arbeitspaketen dieses Vorhabens innovative Lösungsansätze
und Empfehlungen neu entwickelt; derzeit ist offen, ob mit den zukünftigen Maßnahmenkom-
binationen das erwartete Wasserbilanzdefizit vollumfänglich aufgefangen werden kann. Der
Maßnahmenentwicklungsbericht wird für Ende 2022 erwartet.

Die Berichtsversion als pdf ist nicht unterschrieben. Bitte vergleichen Sie im Zweifelsfall das
unterschriebene Original.

IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung
gemeinnützige GmbH
Mülheim an der Ruhr, den 31.07.2022

Anhang 2: Inflationfaktoren für verschiedene Kostenklassen

Inflationfaktoren je Jahr	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Verfahrenstechnik	1,19	1,18	1,17	1,16	1,14	1,13	1,12	1,09	1,00
Bauliche Arbeiten	1,19	1,18	1,17	1,16	1,14	1,13	1,12	1,09	1,00
Investitionskosten Anlagen	1,19	1,18	1,17	1,16	1,14	1,13	1,12	1,09	1,00
Energiekosten	2,35	2,48	2,64	2,57	2,44	2,39	2,49	1,99	1,00
Sachkosten	1,39	1,41	1,43	1,37	1,34	1,34	1,36	1,21	1,00
Personalkosten	1,16	1,14	1,11	1,07	1,04	1,01	1,01	0,98	1,00
Instandhaltung	1,39	1,41	1,43	1,37	1,34	1,34	1,36	1,21	1,00
Betriebsaufwand allgemein	1,39	1,41	1,43	1,37	1,34	1,34	1,36	1,21	1,00
Fremddienstleistungen	1,39	1,41	1,43	1,37	1,34	1,34	1,36	1,21	1,00

Datenquellen: Destatis (2022b) und Destatis (2022c); Zuordnung über die Angaben des statistischen Bundesamtes für Erzeugnisse der Investitionsgüterproduzenten, Erzeugnisse der Vorleistungsgüterproduzenten sowie des Arbeitskostenindex.

Anhang 3: Einzelpositionen der Kostenschätzung für M1 Bewässerung Stadtgrün

Kostenart	Kostenbereich	Unterkategorie	Beschreibung	Einheit	Menge	Preis pro Menge [€]	Gesamtkosten [€]	Lebensdauer von	Investitions-	Laufende	
								Investitionen [a]	kosten [€/p.a.]	Kosten [€/p.a.]	
Investitionskosten	Verfahrenstechnik	Tauchmotorpumpe	Entnahme aus Zisterne, Förderleistung = 30 m³/h, Förderhöhe = 6 mWS	Stk	2	3.600	8.122	15	705		
Investitionskosten	Verfahrenstechnik	Entnahme Klarwasser	Entnahmeleitung, Anschluss Tanklastwagen etc.	Psch	1	500	564	15	49		
Investitionskosten	Verfahrenstechnik	EMSR-technische Ausrüstung	Füllstandsmessung inkl. Fernabfrage Füllstand	Psch	1	500	564	15	49		
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Anpassung Bestand	bauliche Arbeiten am Becken für Entnahmeleitung	Psch	1	500	564	15	49		
Laufende Kosten	Energiekosten	Energiebedarf Pumpe	Mehrkosten zur Wasserbeschaffung Status Quo	kWh/a	190	0,49	93			93	
Laufende Kosten	Instandhaltung	Maschinentechn. Ausrüstung	Wartungsarbeiten	%	0,03	9.814,53	394			394	
Laufende Kosten	Instandhaltung	Elektrotechn. Ausrüstung	Wartungsarbeiten	%	0,03	5.100,00	205			205	
								Σ		852	692
									Σ		1.545

Datenquellen Mengen und Preisgerüst: Baur et al. (2019) und Facheinschätzung des Projektteams

Datenquellen Lebensdauer Anlagen: DWA (2012)

Anhang 4: Einzelpositionen der Kostenschätzung für M2 Bewässerung Golfplatz

Kostenart	Kostenbereich	Unterkategorie	Beschreibung	Einheit	Menge	Preis pro Menge [€]	Gesamtkosten [€]	Lebensdauer von Investitionen [a]	Investitions- kosten [€/p.a.]	Laufende Kosten [€/p.a.]
Förderung von Klarwasser aus Absetzbecken der TW-ABA zum Golfplatz										
Investitionskosten	Verfahrenstechnik	Pumpe 1	Förderpumpe Güldensüllerweg, Förderleistung = 2 m³/h, Förderhöhe = 8 mWS	Stk	1	10.000	11.281	15	979	
Investitionskosten	Verfahrenstechnik	Pumpe 2	Förderpumpe Braumannstollen, Förderleistung = 1,5 m³/h, Förderhöhe = 2 mWS	Stk	1	10.000	11.281	15	979	
Investitionskosten	Verfahrenstechnik	Pumpe	Maschinentechnische Ausrüstung (Entnahmeleitung, Armaturen, Anschlüsse)	Psch	2	13.000	29.331	15	2.547	
Investitionskosten	Verfahrenstechnik	Pumpe, EMSR	EMSR-technische Ausrüstung (inkl. Füllstandsmessungen, Druckmessungen)	Psch	1	65.000	73.327	15	6.367	
Laufende Kosten	Energiekosten	Pumpe 1	nach durchschnittlicher Förderleistung	kWh/a	4.400	0,49	2.145			2.145
Laufende Kosten	Energiekosten	Pumpe 2	nach durchschnittlicher Förderleistung	kWh/a	1.100	0,49	536			536
Laufende Kosten	Instandhaltung	Pumpe	Wartungsarbeiten Pumpe inkl. Armaturen, Anschlüsse	%	0,03	98.320	3.951			3.951
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Rohrgraben 1	Abbruch Asphalt (Schneiden, Abtragen, Entsorgen)	m²	233	15	3.934	50	168	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Rohrgraben 1	Erdarbeiten (Bodenaushub inkl. Teil-Entsorgung)	m³	960	50	54.149	50	2.309	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Rohrgraben 1	Erdarbeiten (Sandbettung/-abdeckung, Frostschuttschicht/Wiederverfüllung, Tragschichten)	m³	909	15	15.378	50	656	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Rohrgraben 1	Wiederherstellen Asphaltdecke	m²	233	40	10.491	50	447	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Rohrleitung 1	Förderleitung 1 Güldensüllerweg, aus PE, DN20	m	1.280	55	79.419	50	3.386	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Rohrgraben 2	Abbruch Asphalt (Schneiden, Abtragen, Entsorgen)	m²	1.494	15	25.281	50	1.078	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Rohrgraben 2	Erdarbeiten (Bodenaushub inkl. Teil-Entsorgung)	m³	1.868	50	105.337	50	4.491	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Rohrgraben 1	Erdarbeiten (Sandbettung/-abdeckung, Frostschuttschicht/Wiederverfüllung, Tragschichten)	m³	1.819	15	30.782	50	1.312	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Rohrgraben 2	Wiederherstellen Asphaltdecke	m²	1.494	40	67.416	50	2.874	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Rohrleitung 2	Förderleitung 2 Braumannstollen, aus PE, DN20	m	1.210	55	75.076	50	3.201	
Laufende Kosten	Instandhaltung	Wartungsarbeiten		%	0,03	599.114	24.073			24.073
Laufende Kosten	Personalkosten	Betriebspersonal		h	520	35	18.167			18.167
Gewinnung von Regenwasser aus Trennsystem H3 und Förderung zum Golfplatz										
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Entnahme aus Kanal	Abzweigeschacht inkl. Anschluss an RW-Kanal	Psch	1	22.500	25.382	65	995	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Vorreinigungsstufe	Feststoffabscheider	m²	124.000	1	139.885	25	8.487	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Feststoffabscheider	Abbruch Deckschicht/ ggf. Asphalt (Schneiden, Abtragen, Entsorgen)	m²	36	15	633	50	27	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Feststoffabscheider	Erdarbeiten (Bodenaushub inkl. Teil-Entsorgung, Herstellen Planum, Sandbettung/-abdeckung, Frostschuttschicht/Wiederverfüllung, Tragschichten)	m³	108	50	6.092	50	260	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Feststoffabscheider	Erdarbeiten (Sandbettung/-abdeckung, Frostschuttschicht/Wiederverfüllung, Tragschichten)	m³	54	15	910	50	39	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Feststoffabscheider	Wiederherstellen Deckschicht	m²	36	40	1.624	50	69	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Zisternen	Abbruch Deckschicht/ ggf. Asphalt (Schneiden, Abtragen, Entsorgen)	m²	880	15	14.891	50	635	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Zisternen	Erdarbeiten (Bodenaushub inkl. Teil-Entsorgung, Herstellen Planum, Sandbettung/-abdeckung, Frostschuttschicht/Wiederverfüllung, Tragschichten)	m³	2.664	50	150.264	50	6.406	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Zisternen	Erdarbeiten (Sandbettung/-abdeckung, Frostschuttschicht/Wiederverfüllung, Tragschichten)	m³	2.264	15	38.311	50	1.633	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Zisternen	Wiederherstellen Deckschicht	m²	880	40	39.709	50	1.693	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Zisterne	Zisterne in Betonbauweise, Volumen = 400 m³	Stk	1	92.035	92.035	50	3.924	
Investitionskosten	Verfahrenstechnik	Transportpumpe	Transportpumpe zu Golfplatz, Förderleistung = 2,5 m³/h, Förderhöhe 35 mWS	Psch	2	10.000	22.562	50	962	
Investitionskosten	Verfahrenstechnik	Desinfektion	UV-Desinfektion	Psch	1	4.781	4.781	15	415	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Rohrgraben	Abbruch Asphalt (Schneiden, Abtragen, Entsorgen)	m²	186	15	3.147	50	134	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Rohrgraben	Erdarbeiten (Bodenaushub inkl. Teil-Entsorgung)	m³	945	50	53.303	50	2.273	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Rohrgraben	Erdarbeiten (Sandbettung/-abdeckung, Frostschuttschicht/Wiederverfüllung, Tragschichten)	m³	895	15	15.138	50	645	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Rohrgraben	Wiederherstellen Asphaltdecke	m²	186	40	8.393	50	358	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Rohrgraben	Förderleitung, aus PE, DN20	m	1.260	55	78.178	50	3.333	
Investitionskosten	Verfahrenstechnik	EMSR-Technik	EMSR-technische Ausrüstung	Psch	1	65.000	73.327	15	6.367	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Unterbringung Technik	Container für Pumpen, Desinfektionsanlage und EMSR	Psch	1	50.000	56.405	50	2.405	
Laufende Kosten	Energiekosten	Pumpen	Betriebsstunden und elektrische Leistung bzw. Fördermenge Energiebedarf	kWh/a	7.480	0,49	3.646			3.646
Laufende Kosten	Energiekosten	UV-Desinfektion		kWh/a	578	0,49	282			282
Laufende Kosten	Instandhaltung	Wartungsarbeiten		%	0,03	824.972	33.148			33.148
Laufende Kosten	Personalkosten	Betriebspersonal		h	520	35	17.668			17.668
								Σ	71.853	103.615
									Σ	175.468

Datenquellen Mengen und Preisgerüst: Baur et al. (2019), Sommer et al. (2016) und Facheinschätzung des Projektteams

Datenquellen Lebensdauer Anlagen: DWA (2012)

Anhang 5: Einzelpositionen der Kostenschätzung für M3 Bewässerung von Sportanlagen

Kostenart	Kostenbereich	Unterkategorie	Beschreibung	Einheit	Menge	Preis pro Menge	Gesamtkosten	Lebensdauer von	Investitions-	Laufende
						[€]	[€]	Investitionen	kosten	Kosten
								[a]	[€/p.a.]	[€/p.a.]
Sportzentrum Nordwest / Trennsystem K1										
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Entnahme aus Kanal	Abzweigeschacht inkl. Anschluss an RW-Kanal	Psch	1	22.500	25.382	65	995	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Vorreinigungsstufe	Lamellenklärer inkl. Erdarbeiten, Anschlussarbeiten	Psch	1	100.000	112.811	25	6.845	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Zisternen	Abbruch Deckschicht/ ggf. Asphalt (Schneiden, Abtragen, Entsorgen)	m ²	880	15	14.891	50	635	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Zisternen	Erdarbeiten (Bodenaushub inkl. Teil-Entsorgung)	m ³	2.640	50	148.910	50	6.349	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Zisternen	Erdarbeiten (, Sandbettung/-abdeckung, Frostschuttschicht/Wiederverfüllung, Tragschichten)	m ³	440	15	7.446	50	317	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Zisternen	Wiederherstellen Deckschicht	m ²	880	40	39.709	50	1.693	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Zisterne	Zisterne in Betonbauweise, Volumen = 2.200 m ³	Stk	1	506.193	506.193	50	21.581	
Investitionskosten	Verfahrenstechnik	Tauchmotorpumpe	Entnahme aus Zisterne, Förderleistung = 6 m ³ /h, Förderhöhe = 4 mWS	Stk	1	3.600	4.061	15	353	
Investitionskosten	Verfahrenstechnik	Desinfektion	UV-Desinfektion	Psch	1	4.781	4.781	25	290	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Tagesspeicher	Abbruch Deckschicht/ ggf. Asphalt (Schneiden, Abtragen, Entsorgen)	m ²	80	15	1.354	50	58	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Tagesspeicher	Erdarbeiten (Bodenaushub inkl. Teil-Entsorgung)	m ³	240	50	13.537	50	577	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Tagesspeicher	Erdarbeiten (Sandbettung/-abdeckung, Frostschuttschicht/Wiederverfüllung, Tragschichten)	m ³	40	15	677	50	29	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Tagesspeicher	Wiederherstellen Deckschicht	m ²	240	40	10.830	50	462	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Tagesspeicher	Speicher für fertig aufbereitetes Bewässerungswasser in Betonbauweise, Volumen = 200 m ³	Stk	1	300.000	338.432	50	14.429	
Investitionskosten	Verfahrenstechnik	Bewässerungspumpen	Druckerhöhungsstation zur Bewässerung, Förderleistung = 15 m ³ /h, Förderhöhe 4 mWS	Psch	1	103.000	116.195	15	10.089	
Investitionskosten	Verfahrenstechnik	Bewässerungssystem	Anschlussarbeiten Bewässerungsleitungen, inkl. Trinkwassernachspeisung Tagesspeicher	Psch	1	5.000	5.641	50	240	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Unterbringung Technik	Container für Pumpen, Desinfektionsanlage und EMSR	Psch	1	50.000	56.405	50	2.405	
Laufende Kosten	Energiekosten	Pumpen	Betriebsstunden und elektrische Leistung bzw. Fördermenge Energiebedarf	kWh/a	1.881	0,49	917			917
Laufende Kosten	Energiekosten	UV-Desinfektion		kWh/a	116	0,49	56			56
Laufende Kosten	Instandhaltung	Wartungsarbeiten		%	0,03	1.407.255	56.545			56.545
Laufende Kosten	Personalkosten	Betriebspersonal		h	520	70,00	36.860			36.860
DJK Bad Homburg / Trennsystem K2										
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Entnahme aus Bach	Abzweigung aus Bach inkl. gesteuerter Motorschieber und Anschluss an Zisterne	Psch	1	22.500	25.382	50	1.082	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Vorreinigungsstufe	Lamellenklärer inkl. Erdarbeiten, Anschlussarbeiten	Psch	1	100.000	112.811	25	6.845	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Zisternen	Abbruch Deckschicht/ ggf. Asphalt (Schneiden, Abtragen, Entsorgen)	m ²	420	15	7.107	50	303	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Zisternen	Erdarbeiten (Bodenaushub inkl. Teil-Entsorgung)	m ³	1.260	50	71.071	50	3.030	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Zisternen	Erdarbeiten (, Sandbettung/-abdeckung, Frostschuttschicht/Wiederverfüllung, Tragschichten)	m ³	210	15	3.554	50	152	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Zisternen	Wiederherstellen Deckschicht	m ²	420	40	18.952	50	808	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Zisterne	Zisterne in Betonbauweise, Volumen = 1.050 m ³	Stk	1	241.592	241.592	50	10.300	
Investitionskosten	Verfahrenstechnik	Tauchmotorpumpe	Entnahme aus Zisterne, Förderleistung = 4 m ³ /h, Förderhöhe = 4 mWS	Stk	1	3.600	4.061	15	353	
Investitionskosten	Verfahrenstechnik	Desinfektion	UV-Desinfektion	Psch	1	4.781	4.781	25	290	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Tagesspeicher	Abbruch Deckschicht/ ggf. Asphalt (Schneiden, Abtragen, Entsorgen)	m ²	80	15	1.354	50	58	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Tagesspeicher	Erdarbeiten (Bodenaushub inkl. Teil-Entsorgung)	m ³	240	50	13.537	50	577	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Tagesspeicher	Erdarbeiten (Sandbettung/-abdeckung, Frostschuttschicht/Wiederverfüllung, Tragschichten)	m ³	40	15	677	50	29	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Tagesspeicher	Wiederherstellen Deckschicht	m ²	80	40	3.610	50	154	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Tagesspeicher	Speicher für fertig aufbereitetes Bewässerungswasser in Betonbauweise, Volumen = 200 m ³	Stk	1	300.000	338.432	50	14.429	
Investitionskosten	Verfahrenstechnik	Bewässerungspumpen	Druckerhöhungsstation zur Bewässerung, Förderleistung = 15 m ³ /h, Förderhöhe 4 mWS	Psch	1	103.000	116.195	15	10.089	
Investitionskosten	Verfahrenstechnik	Bewässerungssystem	Anschlussarbeiten Bewässerungsleitungen, inkl. Trinkwassernachspeisung Tagesspeicher	Psch	1	5.000	5.641	50	240	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Unterbringung Technik	Container für Pumpen, Desinfektionsanlage und EMSR	Psch	1	50.000	56.405	50	2.405	
Laufende Kosten	Energiekosten	Pumpen	Betriebsstunden und elektrische Leistung bzw. Fördermenge Energiebedarf	kWh/a	1.419	0,49	691			691
Laufende Kosten	Energiekosten	UV-Desinfektion		kWh/a	89	0,49	43			43
Laufende Kosten	Instandhaltung	Wartungsarbeiten		%	0,0	1.025.161	41.192			41.192
Laufende Kosten	Personalkosten	Betriebspersonal		h	520	70,00	35.849			35.849

Fortsetzung der Tabelle auf nächster Seite

Kostenart	Kostenbereich	Unterkategorie	Beschreibung	Einheit	Menge	Preis pro Menge [€]	Gesamtkosten [€]	Lebensdauer von Investitionen [a]	Investitions- kosten [€/p.a.]	Laufende Kosten [€/p.a.]
SpVgg 05 Bad Homburg / Trennsystem H9										
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Entnahme aus Kanal	Abzweigeschacht inkl. Anschluss an RW-Kanal	Psch	1	22.500	25.382	50	1.082	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Vorreinigungsstufe	Lamellenklärer inkl. Erdarbeiten, Anschlussarbeiten	Psch	1	100.000	112.811	25	6.845	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Zisternen	Abbruch Deckschicht/ ggf. Asphalt (Schneiden, Abtragen, Entsorgen)	m ²	480	15	8.122	50	346	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Zisternen	Erdarbeiten (Bodenaushub inkl. Teil-Entsorgung)	m ³	1.440	50	81.224	50	3.463	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Zisternen	Erdarbeiten (, Sandbettung/-abdeckung, Frostschutzschicht/Wiederverfüllung, Tragschichten)	m ³	240	15	4.061	50	173	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Zisternen	Wiederherstellen Deckschicht	m ²	480	40	21.660	50	923	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Zisterne	Zisterne in Betonbauweise, Volumen = 1.200 m ³	Stk	1	276.105	311.476	50	13.279	
Investitionskosten	Verfahrenstechnik	Tauchmotorpumpe	Entnahme aus Zisterne, Förderleistung = 4 m ³ /h, Förderhöhe = 4 mWS	Stk	1	3.600	4.061	15	353	
Investitionskosten	Verfahrenstechnik	Desinfektion	UV-Desinfektion	Psch	1	4.781	5.393	25	327	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Tagesspeicher	Abbruch Deckschicht/ ggf. Asphalt (Schneiden, Abtragen, Entsorgen)	m ²	80	15	1.354	50	58	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Tagesspeicher	Erdarbeiten (Bodenaushub inkl. Teil-Entsorgung)	m ³	240	50	13.537	50	577	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Tagesspeicher	Erdarbeiten (Sandbettung/-abdeckung, Frostschutzschicht/Wiederverfüllung, Tragschichten)	m ³	40	15	677	50	29	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Tagesspeicher	Wiederherstellen Deckschicht	m ²	80	40	3.610	50	154	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Tagesspeicher	Speicher für fertig aufbereitetes Bewässerungswasser in Betonbauweise, Volumen = 200 m ³	Stk	1	300.000	338.432	50	14.429	
Investitionskosten	Verfahrenstechnik	Bewässerungspumpen	Druckerhöhungsstation zur Bewässerung, Förderleistung = 15 m ³ /h, Förderhöhe 4 mWS	Psch	1	103.000	116.195	15	10.089	
Investitionskosten	Verfahrenstechnik	Bewässerungssystem	Anschlussarbeiten Bewässerungsleitungen, inkl. Trinkwassernachspeisung Tagesspeicher	Psch	1	5.000	5.641	50	240	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Unterbringung Technik	Container für Pumpen, Desinfektionsanlage und EMSR	Psch	1	50.000	56.405	50	2.405	
Laufende Kosten	Energiekosten	Pumpen	Betriebsstunden und elektrische Leistung bzw. Fördermenge Energiebedarf	kWh/a	1.419	0,49	691	50		691
Laufende Kosten	Energiekosten	UV-Desinfektion		kWh/a	89	0,49	43	50		43
Laufende Kosten	Instandhaltung	Wartungsarbeiten		%	0,03	1.110.041	44.603	50		44.603
Laufende Kosten	Personalkosten	Betriebspersonal		h	520	35	17.668	50		17.668
SG Ober-Eschbach / Trennsystem ERL1										
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Entnahme aus Bach	Abzweigung aus Bach inkl. gesteuerter Motorschieber und Anschluss an Zisterne	Psch	1	22.500	25.382	50	1.082	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Vorreinigungsstufe	Lamellenklärer inkl. Erdarbeiten, Anschlussarbeiten	Psch	1	100.000	112.811	25	6.845	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Zisternen	Abbruch Deckschicht/ ggf. Asphalt (Schneiden, Abtragen, Entsorgen)	m ²	400	15	6.769	50	289	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Zisternen	Erdarbeiten (Bodenaushub inkl. Teil-Entsorgung)	m ³	1.200	50	67.686	50	2.886	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Zisternen	Erdarbeiten (, Sandbettung/-abdeckung, Frostschutzschicht/Wiederverfüllung, Tragschichten)	m ³	200	15	3.384	50	144	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Zisternen	Wiederherstellen Deckschicht	m ²	400	40	18.050	50	770	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Zisterne	Zisterne in Betonbauweise, Volumen = 1.000 m ³	Stk	1	230.088	259.564	50	11.066	
Investitionskosten	Verfahrenstechnik	Tauchmotorpumpe	Entnahme aus Zisterne, Förderleistung = 4 m ³ /h, Förderhöhe = 4 mWS	Stk	1	3.600	4.061	15	353	
Investitionskosten	Verfahrenstechnik	Desinfektion	UV-Desinfektion	Psch	1	4.781	5.393	25	327	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Tagesspeicher	Abbruch Deckschicht/ ggf. Asphalt (Schneiden, Abtragen, Entsorgen)	m ²	80	15	1.354	50	58	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Tagesspeicher	Erdarbeiten (Bodenaushub inkl. Teil-Entsorgung)	m ³	240	50	13.537	50	577	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Tagesspeicher	Erdarbeiten (Sandbettung/-abdeckung, Frostschutzschicht/Wiederverfüllung, Tragschichten)	m ³	40	15	677	50	29	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Tagesspeicher	Wiederherstellen Deckschicht	m ²	80	40	3.610	50	154	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Tagesspeicher	Speicher für fertig aufbereitetes Bewässerungswasser in Betonbauweise, Volumen = 200 m ³	Stk	1	300.000	338.432	50	14.429	
Investitionskosten	Verfahrenstechnik	Bewässerungspumpen	Druckerhöhungsstation zur Bewässerung, Förderleistung = 15 m ³ /h, Förderhöhe 4 mWS	Psch	1	103.000	116.195	15	10.089	
Investitionskosten	Verfahrenstechnik	Bewässerungssystem	Anschlussarbeiten Bewässerungsleitungen, inkl. Trinkwassernachspeisung Tagesspeicher	Psch	1	5.000	5.641	50	240	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Unterbringung Technik	Container für Pumpen, Desinfektionsanlage und EMSR	Psch	1	50.000	56.405	50	2.405	
Laufende Kosten	Energiekosten	Pumpen	Betriebsstunden und elektrische Leistung bzw. Fördermenge Energiebedarf	kWh/a	1.419	0,49	1.377			1.377
Laufende Kosten	Energiekosten	UV-Desinfektion		kWh/a	89	0,49	86			86
Laufende Kosten	Instandhaltung	Wartungsarbeiten		%	0	1.038.951	41.746			41.746
Laufende Kosten	Personalkosten	Betriebspersonal		h	520	35	17.668			17.668
								Σ	225.000	296.037
									Σ	521.037

Datenquellen Mengen und Preisgerüst: Baur et al. (2019) und Facheinschätzung des Projektteams

Datenquellen Lebensdauer Anlagen: DWA (2012)

Anhang 6: Einzelpositionen der Kostenschätzung für M4 Betriebswassernutzung Massenheimer Weg

Kostenart	Kostenbereich	Unterkategorie	Beschreibung	Einheit	Menge	Preis pro Menge	Gesamtkosten	Lebensdauer von Investitionen [a]	Investitions-	Laufende	
						[€]	[€]		kosten	Kosten	
									[€/p.a.]	[€/p.a.]	
Investitionskosten	Verfahrenstechnik	Aufbereitung	Verfahren zur weitergehenden Aufbereitung (z.B. Sand-/GAK-Filter)	Psch	1	600.929,41	704.868	30	38.325		
Investitionskosten	Verfahrenstechnik	Aufbereitung	UV-Desinfektion	Psch	1	88.201,99	103.458	30	5.625		
Laufende Kosten	Sachkosten	Aufbereitung	Verfahren zur weitergehenden Aufbereitung (z.B. Sand-/GAK-Filter); Per Annahme inkl. Energiekosten	Psch	1	10.219,66	14.577			14.577	
Laufende Kosten	Sachkosten	Aufbereitung	UV-Desinfektion; Per Annahme inkl. Energiekosten	Psch	1	1.500,00	2.140			2.140	
Investitionskosten	Verfahrenstechnik	Maschinenteknik	Verteilnetz Druckerhöhungsanlage, Förderleistung = ca. 19 m³/h, Förderhöhe = ca. 15 mWS	Psch	1	103.000	116.195	15	10.089		
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube	Zisternen Erdarbeiten	m³	600	50	33.843	50	1.443		
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube	Zisternen Erdarbeiten (Sandbettung/-abdeckung, Frostschutzschicht/Wiederverfüllung, Tragschichten)	m³	100	15	1.692	50	72		
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Betriebswasserspeicher	Speicherbecken in Betonbauweise, Volumen = 500 m³	Stk	1	750.000	846.080	50	36.072		
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Rohrgraben	Erdarbeiten (von KA bis Gerwerbegebiet)	m³	165	50	9.307	50	397		
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Rohrgraben	(, Sandbettung/-abdeckung, Frostschutzschicht/Wiederverfüllung, Tragschichten)	m³	159	15	2.692	50	115		
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Rohrleitung	Förderleitung, aus PE, DN65	m	1.400	55	86.864	50	3.703		
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Rohrleitung	Horizontalbohrung Unterquerung Massenheimer Weg	Psch	1	16.800	18.952	50	808		
Laufende Kosten	Energiekosten	Druckerhöhungsanlage	Betriebsstunden und elektrische Leistung bzw. Fördermenge Energiebedarf	kWh/a	88.000	0,49	42.891			42.891	
Laufende Kosten	Instandhaltung	Wartungsarbeiten	Verteilungsinfrastruktur	%	0,03	1.519.789	61.067			61.067	
Laufende Kosten	Personalkosten	Betriebspersonal	Verteilungsinfrastruktur	h	520	35	17.668			17.668	
								Σ		96.648	138.343
									Σ		234.990

Datenquellen Mengen und Preisgerüst: Baur et al. (2019), Herbst et al. (2016) und Facheinschätzung des Projektteams

Datenquellen Lebensdauer Anlagen: DWA (2012)

Anhang 7: Einzelpositionen der Kostenschätzung für M6 Nutzung von aufbereitetem KA-Ablauf als Betriebswasser

Kostenart	Kostenbereich	Unterkategorie	Beschreibung	Einheit	Menge	Preis pro Menge	Gesamtkosten	Lebensdauer von	Investitions-	Laufende
						[€]	[€]	Investitionen	kosten	Kosten
								[a]	[€/p.a.]	[€/p.a.]
Investitionskosten	Verfahrenstechnik	Aufbereitung	Verfahren zur weitergehenden Aufbereitung (z.B. Sand-/GAK-Filter)	Psch	1	878.488,63	1.030.434	25	62.521	
Investitionskosten	Verfahrenstechnik	Aufbereitung	UV-Desinfektion	Psch	1	170.523,84	200.018	25	12.136	
Laufende Kosten	Sachkosten	Aufbereitung	Verfahren zur weitergehenden Aufbereitung (z.B. Sand-/GAK-Filter); Per Annahme inkl. Energiekosten	Psch	1	14.939,95	21.310			21.310
Laufende Kosten	Sachkosten	Aufbereitung	UV-Desinfektion; Per Annahme inkl. Energiekosten	Psch	1	2.900,00	4.137			4.137
Investitionskosten	Verfahrenstechnik	Maschinentechnik Verteilnetz	Druckerhöhungsanlage, Förderleistung = ca. XX m³/h, Förderhöhe = ca. XX mWS	Psch	1	103.000	116.195	15	10.089	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Zisternen	Erdarbeiten	m³	1.170	50	65.994	50	2.814	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Baugrube Zisternen	Erdarbeiten (Sandbettung/-abdeckung, Frostschutzschicht/Wiederverfüllung, Tragschichten)	m³	170	15	2.877	50	123	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Betriebswasserspeicher	Speicherbecken in Betonbauweise, Volumen = 1.000 m³	Stk	1	1.500.000	1.692.161	50	72.143	
Investitionskosten	Verfahrenstechnik	Rohrleitung	Verlegung Transportrohrleitung innerhalb Haupsammler Abwasser, aus PE, DN90	m	9.900	160	1.786.922	50	76.183	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Rohrgraben	Erdarbeiten (von KA bis Gerwerbegebiet)	m³	825	50	46.534	50	1.984	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Rohrgraben	Erdarbeiten (, Sandbettung/-abdeckung, Frostschutzschicht/Wiederverfüllung, Tragschichten)	m³	816	15	13.810	50	589	
Investitionskosten	Bauliche Arbeiten	Rohrleitung	Förderleitung, aus PE, DN90	m	1.100	55	68.250	50	2.910	
Laufende Kosten	Energiekosten	Druckerhöhungsanlage	Betriebsstunden und elektrische Leistung bzw. Fördermenge Energiebedarf	kWh/a	575.000	0,49	280.252			280.252
Laufende Kosten	Instandhaltung	Wartungsarbeiten	Verteilungsinfrastruktur	%	0,03	4.407.969	177.117			177.117
Laufende Kosten	Personalkosten	Betriebspersonal	Verteilungsinfrastruktur	h	520	35	17.668			17.668
								Σ	241.490	500.484
									Σ	741.974

Datenquellen Mengen und Preisgerüst: Baur et al. (2019) und Facheinschätzung des Projektteams

Datenquellen Lebensdauer Anlagen: DWA (2012)

Anhang 8: Einzelpositionen der Kostenschätzung für M7 Neuer Brunnen

Kostenart	Kostenbereich	Unterkategorie	Beschreibung	Einheit	Menge	Preis pro Menge [€]	Gesamtkosten [€]	Lebensdauer von Investitionen [a]	Investitions- kosten [€/p.a.]	Laufende Kosten [€/p.a.]
Investitionskosten	Investitionskosten Anlagen	Annahme nach Abstimmung mit Stadtwerken		Stk	1	750.000	750.000	60	30.066	
Laufende Kosten	Betriebsaufwand in Summe			m³	150.000	0,04	7.974			7.974
								Σ	30.066	7.974
									Σ	38.041

Datenquellen Mengen und Preisgerüst: Facheinschätzung des Projektteams, IWW-Daten sowie Annahme nach Abstimmung mit den Stadtwerken.

Datenquellen Lebensdauer Anlagen: DWA (2012)

Anhang 9: Einzelpositionen der Kostenschätzung für M8 Reaktivierung alter Brunnen

Kostenart	Kostenbereich	Unterkategorie	Beschreibung	Einheit	Menge	Preis pro Menge		Gesamtkosten	Lebensdauer von Investitionen [a]	Investitions-kosten [€/p.a.]	Laufende Kosten [€/p.a.]
						[€]	[€]				
Investitionskosten	Investitionskosten Anlagen		Annahme nach Abstimmung mit Stadtwerken	Stk	1	750.000		750.000	60	30.066	
Investitionskosten	Investitionskosten Anlagen		Rückbau alte Anlage	Stk	0	750.000		75.000	60	3.007	
Laufende Kosten	Betriebsaufwand in Summe			m³	150.000	0,04		7.974			7.974
									Σ	33.073	7.974
										Σ	41.047

Datenquellen Mengen und Preisgerüst: Facheinschätzung des Projektteams, IWW-Daten sowie Annahme nach Abstimmung mit den Stadtwerken.

Datenquellen Lebensdauer Anlagen: DWA (2012)

Anhang 10: Einzelpositionen der Kostenschätzung für M9 wassersparende Einrichtungen in Haushalten

Kostenart	Kostenbereich	Unterkategorie	Beschreibung	Einheit	Menge	Preis pro Menge [€]	Gesamtkosten [€]	Lebensdauer	Investitions- kosten [€/p.a.]	Laufende Kosten [€/p.a.]
								von Investitionen [a]		
Investitionskosten	Investitionskosten Anlagen		Wassersparende Einrichtung von Aguardio für Dusche	Anzahl	4.126	105	433.272	5	95.962	
Laufende Kosten	Fremddienstleistungen		Lizenz p.a.	Anzahl	4.126	5	20.632			20.632
								Σ	95.962	20.632
									Σ	116.594

Datenquellen Mengen und Preisgerüst: Facheinschätzung des Projektteams und Daten von Aguardio (2022)

Datenquellen Lebensdauer Anlagen: Facheinschätzung des Projektteams