# Potenzialstudie Trinkwasseranlagen

Stadtwerke Bitburg

**"Klimaschutzprojekte im kommunalen Umfeld - Kommunalrichtlinie"**
eine Initiative des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

**Erläuterungsbericht**

September 2020

**Auftraggeber**

Stadtwerke Bitburg
Werkleiter Bernd Goeblet
Denkmalstraße 6
54634 Bitburg

Bitburg,

den

Herr Bernd Goeblet
- Werkleiter -

**Bearbeiter**

igr GmbH
Luitpoldstraße 60a
67806 Rockenhausen

Rockenhausen,

im September 2020

Ingenieurkammer Rheinland-Pfalz
ING
Dipl.-Ing.(FH)
Hubert Bruch
566
Beratender Ingenieur

(Stempel, Unterschrift)

## Gliederung


| | | |
|---|---|---|
| **1.** | **Einleitung** | **7** |
| 1.1 | Energieeffizienz und -Management | 8 |
| 1.2 | Ziele und Inhalte der Potenzialstudie | 10 |
| 1.3 | Möglichkeiten zur Energieeinsparung | 10 |
| **2.** | **Bestandsaufnahme** | **12** |
| 2.1 | Beschreibung der Wasseraufbereitung und -speicherung | 13 |
| 2.1.1 | Wasserwerk Königswäldchen | 13 |
| 2.1.1.1 | Tiefbrunnen 1 | 15 |
| 2.1.1.2 | Tiefbrunnen 2 (neu) | 16 |
| 2.1.1.3 | Enteisenungsanlage | 17 |
| 2.1.1.4 | Uranentfernungsanlage | 19 |
| 2.1.1.5 | Dosieranlage Phosphat-Silikat | 19 |
| 2.1.1.6 | Wasserspeicherung | 19 |
| 2.1.1.7 | Absetzbecken für Rückspülung der Filter | 20 |
| 2.1.2 | Wasserwerk Steinebrück | 23 |
| 2.1.2.1 | TB V Steinebrück | 24 |
| 2.1.2.2 | Aufbereitung | 26 |
| 2.1.2.3 | Speicherung | 27 |
| 2.1.2.4 | Phosphat-Silikat-Dosierung | 27 |
| 2.1.2.5 | Netzeinspeisung | 28 |
| 2.1.3 | Wasserwerk Mötsch | 30 |
| 2.1.3.1 | TB Mötsch | 31 |
| 2.1.3.2 | Brunnenpumpe | 32 |
| 2.1.3.3 | Aufbereitung | 32 |
| 2.1.3.4 | Speicherung | 33 |
| 2.1.3.5 | Einspeisung | 34 |
| 2.2 | Wasserdargebot zu Verbrauch | 36 |
| 2.3 | Druckzonen | 36 |
| 2.4 | Darstellung Mess- und Regeltechnik | 37 |
| 2.5 | Analyse des Energieverbrauchs | 40 |
| 2.5.1 | Stromverbrauch | 40 |
| 2.5.2 | Wärmeverbrauch für Gebäude | 44 |
| 2.5.3 | Wärmeerzeugung und Lüftung Schaltschränke, Klimaanlagen TB 1 und TB V | 44 |
| 2.5.4 | Lufttrockner | 44 |
| 2.6 | Kennzahlen und Bewertung | 45 |
| 2.6.1 | Spezifischer Energieverbrauch Wassergewinnung | 46 |
| 2.6.2 | Spezifischer Energieverbrauch Wasserverteilung | 48 |
| 2.6.3 | Wasserverluste | 48 |
| 2.7 | Energie- und Treibhausgasbilanz | 48 |
| **3.** | **Potenzialanalyse** | **50** |

3.1 Energieeinsparpotenziale 50
3.1.1 Wasserverluste in Rohrnetzen erkennen und minimieren 51
3.1.1.1 Versorgungsdruck 52
3.1.1.2 Wassermengenbilanz und Infrastructure Leakage Index 54
3.1.1.3 Inspektion auf realen Wasserverlust 56
3.1.2 Wasserverluste in Form von Spülwasser 58
3.1.3 Wasserverluste in Form von Filterrückspülung und Erstfiltrat 58
3.1.4 Optimierung der Absenkung Wasserspiegel Tiefbrunnen 59
3.1.5 Enteisenung und Entmanganung 60
3.2 Energieerzeugungspotenzial 60
3.2.1 Potenzial Photovoltaik 61
3.2.2 Energierückgewinnung durch Turbinen 61
3.2.3 Wärmeenergie 62

**4. Optimierungsmaßnahmen 63**

4.1 Bereits durchgeführte Maßnahmen 63
4.2 Maßnahmen zur Energieeinsparung 63
4.2.1 Wasserverluste durch Leckagen minimieren 63
4.2.2 Wasserverluste in Form von Spülwasser minimieren 66
4.2.3 Filterspülwasser und Erstfiltrat 67
4.2.3.1 Optimierung Filterrückspülung 68
4.2.3.2 Klarwasserrückführung 69
4.2.4 Pumpenoptimierung Tiefbrunnenpumpen 70
4.3 Maßnahmen zur Energieerzeugung 70
4.3.1 Einsatz von Photovoltaik zur Eigenstromversorgung 70

**5. Maßnahmen und Priorisierung 73**

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Schematisches Profil durch die Trier-Bitburger Mulde und Umgebung zum Ende des Buntsandsteines Quelle: Kremb-Wagner et al. 8
Abbildung 2 Grafik Primärenergieträger nach Importquoten Quelle: ISSN 2436-140X 9
Abbildung 3 Karte mit Lage der Wasserwerke in Bitburg 12
Abbildung 4 Netzplan Versorgungsgebiet Bitburg 13
Abbildung 5 Karte Königswäldchen 14
Abbildung 6 Fotos Tiefbrunnen 1 und Aufbereitungsgebäude Königswäldchen 15
Abbildung 7 Foto Tiefbrunnen 2 16
Abbildung 8 Foto links Oxidator, rechts Kompressor 17
Abbildung 9 Foto Aufbereitung Königswäldchen 18
Abbildung 10 Foto Uranfilter 19
Abbildung 11 Fotos Hochbehälter Königswäldchen 20
Abbildung 12 Absetzbecken Rückspülwasser Wasserwerk Königswäldchen 21
Abbildung 13 Schemaskizze Wasserwerk Königswäldchen 22

| | | |
|---|---|---|
| Abbildung 14 | Luftbild mit Lage der Anlagen Wasserwerk Steinebrück | 23 |
| Abbildung 15 | Foto Tiefbrunnen V Steinebrück | 24 |
| Abbildung 16 | Foto der Sandfilters Steinebrück, vgl. Königswäldchen und Mötsch | 26 |
| Abbildung 17 | Foto Speicher und TB Steinebrück | 27 |
| Abbildung 18 | Foto Netzpumpen Steinebrück | 28 |
| Abbildung 19 | Schemaskizze Wasserwerk Steinebrück | 29 |
| Abbildung 20 | Luftbild mit Lage Wasserwerk Mötsch | 30 |
| Abbildung 21 | Foto Hochbehälter und TB Mötsch | 31 |
| Abbildung 22 | Foto Aufbereitungsgebäude Mötsch | 32 |
| Abbildung 23 | Foto Einspeisepumpen (DEA) Flugplatz und Housing | 34 |
| Abbildung 24 | Schemaskizze Mötsch | 35 |
| Abbildung 25 | Übersicht Druckzonen | 37 |
| Abbildung 26 | Fotos Lufttrockner | 45 |
| Abbildung 27 | Durchschnittlicher spezifischer Energieverbrauch pro m³ Reinwasser; Quelle DVGW-Forschungsstelle TUHH | 51 |
| Abbildung 28 | Wasserverlustmanagement Strategien Quelle: Energie/wasser-praxis 7/8 2015 | 52 |
| Abbildung 29 | Verlustkomponenten Quelle: DVGW W 392 | 54 |
| Abbildung 30 | Übersicht Leckortungsverfahren | 56 |
| Abbildung 31 | Verfahren und Geräte zur Verortung von Leckagen, Quelle: DVGW W 392 A | 57 |
| Abbildung 32 | Eignung von Verfahren und Geräten zur Verortung von Leckagen, Quelle: DVGW W 392 A | 57 |
| Abbildung 33 | Plan Netzbereich Mötsch | 66 |
| Abbildung 34 | Luftbild Mötsch | 71 |
| Abbildung 35 | Luftbild HB 140 und Aufbereitung Mötsch | 71 |

## Tabellenverzeichnis

| | | |
|---|---|---|
| Tabelle 1 | Wasserdargebot | 36 |
| Tabelle 2 | Druckzonen | 37 |
| Tabelle 3 | Installierte Messungen | 38 |
| Tabelle 4 | Stromverbrauch der Geräte in den Aufbereitungsanlagen | 40 |
| Tabelle 5 | Stromverbrauch der Tiefbrunnenpumpen | 41 |
| Tabelle 6 | Daten Tiefbrunnen | 43 |
| Tabelle 7 | Energieverbrauch pro m³ DEA Mötsch | 46 |
| Tabelle 8 | Energieverbrauch pro m³ Wasserwerk Mötsch | 46 |
| Tabelle 9 | Vergleich Energieverbrauch Wasserwerke pro gefördertem m³ | 46 |
| Tabelle 10 | Wasserverluste 2013 bis 2019 | 48 |
| Tabelle 11 | Rückspülmenge pro m³ Förderung | 59 |
| Tabelle 12 | Einsparungen bei Reduktion des Wasserverlustes | 65 |
| Tabelle 13 | Flächenpotenzial Photovoltaik | 72 |

## Quellenangaben

### Geobasisdaten

Für die Abbildungen werden teilweise Grundlagen des Landesamtes für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz (LVermGeo) verwendet (©GeoBasis-DE/LVermGeoRP2020, dl-de/by-2-0, www.lvermgeo.rlp.de [Daten bearbeitet])

### Energieeffizienz

Die vorliegende Arbeit orientiert sich in vielen Fragen am "Handbuch Energieeffizienz/Energieeinsparung in der Wasserversorgung" vom DVGW (Wasser Nr. 77/Juli 2010; ISSN 0176-3504)

Weitere Quellen sind als Fußnoten eingefügt

## Anhänge

**Anhang 1** **Energieverbrauch 2013 bis 2019**
**Anhang 2** **Treibhausgasbilanz**

## 1. Einleitung

Die Stadt Bitburg mit rund 14 900 Einwohnern ist die Kreisstadt des Eifelkreises Bitburg-Prüm in Rheinland-Pfalz und Verwaltungssitz der Verbandsgemeinde Bitburger Land.

Die Stadtwerke Bitburg sind ein Eigenbetrieb der Stadt Bitburg und zuständig für die Stadt Bitburg und deren Stadtteile Erdorf, Masholder, Matzen, Mötsch und Stahl. Die Stadtwerke umfassen die Betriebszweige Wasserversorgung, Abwasserbeseitigung und einen Verkehrsbetrieb. Die Potenzialstudie betrachtet den Bereich der Trinkwasseranlagen.

Das gesamte Versorgungsgebiet der Stadtwerke umfasst ca.17 000 Einwohner, welche durch ein Netz von ca. 193 km, aufgeteilt in ca. 141 km Leitungsnetz und 52 km Hausanschlussleitungen bei 4 700 Hausanschlüssen versorgt werden. Die jährliche Fördermenge der Stadtwerke beträgt etwa 1 150 000 m³. Zur Trinkwassergewinnung nutzen die Stadtwerke aktuell vier Tiefbrunnen, dies sind Königswäldchen I und II, Steinebrück und Mötsch. Bei der Anlage in Mötsch handelt es sich um eine ehemalige Trinkwassergewinnung der US-Streitkräfte für die US-Housing Bitburg. Die Anlagen wurden im Oktober 2012 an den Bund bzw. dann den Stadtwerken übergeben. Etwa 12 000 Soldaten und ihre Familienangehörige leben in und um Bitburg, welche bis Anfang der 1990er Jahre in Bitburg stationiert waren.

Eine Reserve im Bereich der Trinkwasserförderung und -verteilung erscheint unter den derzeitigen Umständen sinnvoll zu sein, da aktiv an einer Nachnutzung der Konversionsflächen gearbeitet wird, wodurch in naher Zukunft wieder mit einem höheren Trinkwasserbedarf zu rechnen ist.

Dazu ein Artikel des Wochenspiegel:[1]

"Am Montag, 3. Februar, tagt der Kreistag Bitburg-Prüm ab 14.30 Uhr im Sitzungssaal der Kreisverwaltung. Im öffentlichen Teil der Sitzung geht es um eins der größten und bedeutendsten Projekte, das in Bitburg ansteht: Die Konversion der Housing. Die ehemalige Wohnsiedlung der amerikanischen Streitkräfte wurde 2018 von den Amerikanern an die Bundesrepublik Deutschland zurückgegeben. Das 62 Hektar große Areal, auf dem 44 viergeschossige Wohnblöcke stehen, wird seitdem von der Bundesanstalt für Immobilienaufgaben verwaltet. Aufgabe für die Zukunft ist es, für das an den Stadtteil Mötsch angrenzende Gebiet ein Konversionsmodell zu entwickeln und umzusetzen. Der Stadtrat hat Ende 2018 den Plan favorisiert, auf dem Housing-Gelände ein Green-Tec-Zentrum für Unternehmen zu errichten mit bis zu 600 Wohneinheiten."

Das Grundwasser wird aus dem Tiefenbereich der Trias-Mulde zwischen 250 m bis 350 m gewonnen.

1 https://www.wochenspiegellive.de/eifel/kreis-bitburg-pruem/bitburg/artikel/fortschritt-fuer-bitburger-housing-62428/#:~:text=Am%20Montag%2C%203.%20Februar%2C,ansteht%3A%20Die%20Konversion%20der%20Housing.

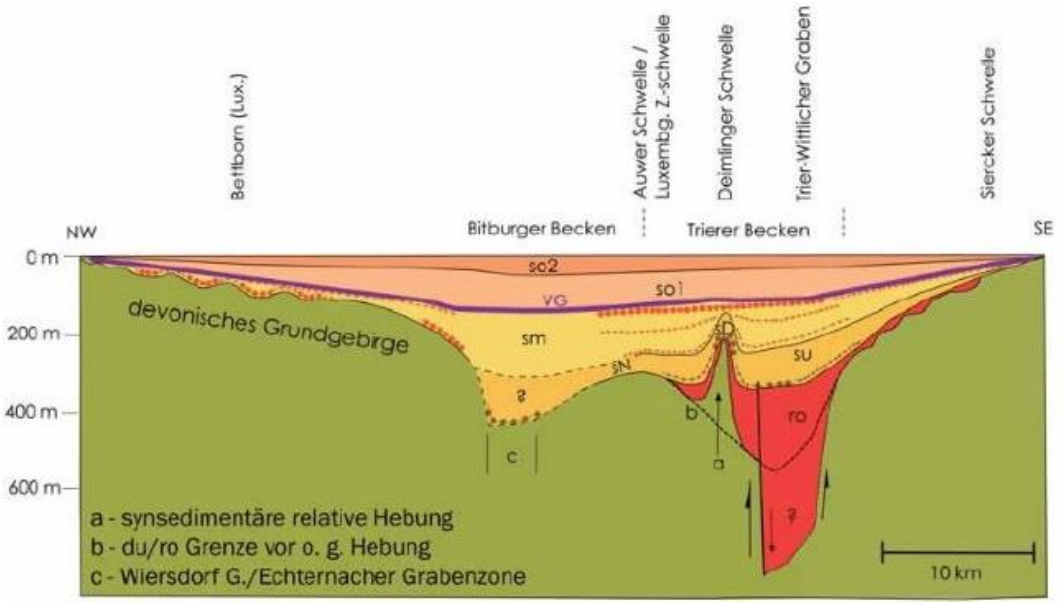



Abbildung 1 Schematisches Profil durch die Trier-Bitburger Mulde und Umgebung zum Ende des Buntsandsteines Quelle: Kremb-Wagner et al.[2]

Durch die Tiefenlage steht Bitburg ein sehr altes und von menschlichen Umwelteinflüssen freies Rohwasser zur Verfügung. Die Förderung stellt allerdings durch die große Tiefe zugleich den größten Energieverbrauch dar.

Der Einsatz von Photovoltaik-Anlagen zur Eigenstromversorgung erfolgt momentan nicht. Daher wurden im Rahmen der Studie Untersuchungen durchgeführt, mit dem Ziel die Strombezugskosten zu reduzieren.

## 1.1 Energieeffizienz und -Management

Die Steigerung der Energieeffizienz ist eine gesellschaftliche Notwendigkeit. Dies begründet sich sowohl aus den klimapolitischen Zielen bis zum Jahr 2050 treibhausgasneutral zu werden und bis 2030 die Treibhausgasemission gegenüber 1990 um 55 % zu senken (Klimaschutzplan 2050). Andererseits aus politischen und wirtschaftlichen Gründen, so ist Deutschland und die europäische Union bei allen fossilen Energieträgern außer Braunkohle in einer hohen Importabhängigkeit.

2 KREMB-WAGNER ET AL. (2014) Zur Struktur der Trier-Bitburger Mulde, der Fortsetzung des Trier-Wittlicher Rotliegend-Grabens und weiterer Strukturen. DOI: 10.1127/1860-1804/2014/0076

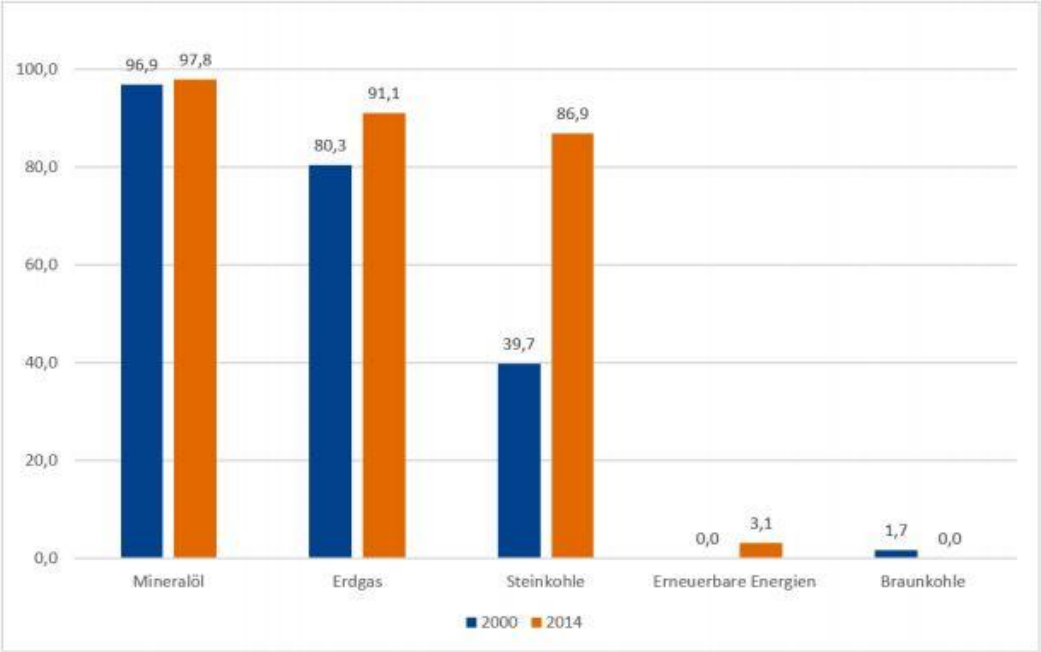



Abbildung 2 Grafik Primärenergieträger nach Importquoten Quelle: ISSN 2436-140X[3]

Eine Steigerung der Energieeffizienz verringert die Importabhängigkeit und in Unternehmen kann durch die Energieeffizienzsteigerung die Wettbewerbsfähigkeit steigen, weil die Kosten für den Bezug von Energie sinken. Die Förderung der heimischen Wirtschaft durch die Erhöhung der Energieeffizienz soll durch den Einsatz neuer Technologien, z. B. innovativer Mess- und Regeltechnik, erfolgen, wodurch die Wertschöpfung im Land verbleiben kann. Die Steigerung der Energieeffizienz wurde durch die Einführung von Managementsystemen vorangetrieben. Die Einführung eines Energiemanagementsystems nach DIN EN ISO 50001 (2018)[4] ist nicht verpflichtend. Dieses wurde aber als Grundbedingung für eine Befreiung besonders energieintensiver Unternehmen von der EEG-Umlage festgesetzt und auch für Entlastungen im Bereich der Strom- und Energiesteuer herangezogen. Das Energiemanagementsystem hat den Zweck: "Systeme und Prozesse aufzubauen, welche zur Verbesserung der energiebezogenen Leistung, einschließlich Energieeffizienz, Energieeinsatz und Energieverbrauch erforderlich sind". Nach DIN EN ISO 50001 ist bei der Vorgehensweise zwischen vier Phasen zu unterscheiden: Planung, Umsetzung, Überprüfung und Verbesserung. Diese Potenzialstudie ist Teil der Phase 1.

3 Abgerufen unter: https://www.ufz.de/export/data/global/111988_DP_05_2016_Strunz_Gawel.pdf

4 Energiemanagementsysteme - Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung Deutsche Fassung EN ISO 50001:2018

## 1.2 Ziele und Inhalte der Potenzialstudie

Das -Hauptziel der Arbeit ist die Identifikation von Potenzialen zur Steigerung der Energieeffizienz. Dazu wurden insbesondere die Bereiche:

- Energieverbrauch
- Materialverbrauch
- Reduzierung von Wasserverlusten (Beratung bei der Leckagesuche)

betrachtet und Maßnahmenvorschläge erstellt.

<u>Bearbeitungsstufen:</u>

I. Bestandsaufnahme/Grundlagenermittlung (Aufnahme der Bestandssituation in den betrachteten Wasserwerken sowie der Wasserverteilung)
II. Potenzialanalyse (Ermittlung der kurz-, mittel- und langfristigen Energieeffizienz- und Energieeinsparpotenziale)
III. Ableitung von Optimierungsmaßnahmen und Entwicklung eines Umsetzungszeitplanes

Im Rahmen des Projektes wurden die vier Tiefbrunnen, drei Wasseraufbereitungsanlagen, sechs Hochbehälter und fünf Druckerhöhungsanlagen analysiert.

## 1.3 Möglichkeiten zur Energieeinsparung

Die Möglichkeiten zur Energieeinsparung in der Wasserversorgung sind vielschichtig und können nach DVGW (2010) wie folgt zusammengefasst werden:

- Verringerung der Wasserverluste im Wasserverteilnetz.
- Vergleichmäßigung der Fördermenge führt zu einer geringeren Spitzenlast und bei gleichmäßigem Betrieb werden die Fließgeschwindigkeiten gering gehalten und somit Druckverluste minimiert.
- Einhausung von offenen Wasserflächen verringert den Energieeinsatz bei der Entfeuchtung.
- Beheizung der Brunnenstuben und die Entfeuchtung können eingespart werden, wenn die elektrischen Anlagen entsprechend geschützt werden. ⇒ Die Schaltschränke in den Wasserwerken sind entsprechend ausgerüstet. Für Temperaturschwankungen haben sie zusätzlich eine Lüftung und Heizung integriert.
- Brunnenalterung vorbeugen, damit Filterrohre einen möglichst geringen Widerstand aufweisen.
- Korrekte Brunnenanordnung: Bei einer zu engen Anordnung von Brunnen kommt es zu einer stärkeren Grundwasserspiegelabsenkung, was zu einem erhöhten Energiebedarf der Pumpen führt.
- Brunnenschaltung: Es sollten zunächst die Brunnen betrieben werden, die energetisch günstiger arbeiten. ⇒ Derzeit ist das Wasserwerk Königswäldchen das energetisch günstigere und durch die geringere Wasserspiegelabsenkung von den Brunnen der TB 1
- Auch ist zu prüfen, ob ein Energieeinsparpotenzial durch andere Wasserquellen (z. B. Uferfiltration oder künstliche Grundwasseranreicherung) vorliegt. ⇒ Für das Wasserwerk Steinebrück wäre von der Lage her Uferfiltrat ders Nims eine in Betracht kommende Wasserquelle. Hierzu müssten sowohl

Vorabsprachen zur Genehmigungsfähigkeit als auch Untersuchungen zur Kompatibilität mit den unterschiedlichen Wassern gemacht werden, um Reaktionen im Leitungsnetz vorzubeugen.

- Vergleich zwischen Horizontalfilter- und Vertikalfilterbrunnen kann zu einer Energieeinsparung führen. Aufgrund der Tiefe des erschlossenen Aquifers sind Horizontalfilterbrunnen nicht sinnvoll.
- Die Wahl der Pumpenbauart entscheidet maßgeblich über die Effizienz der Förderung. So ist der Wirkungsgrad von Unterwassertauchmotorpumpen zwischen 4 % bis 10 % geringer. ⇒ Da es sich bei allen Brunnen um Tiefbrunnen handelt, ist die Bauart auf Wasserläuferpumpen festgelegt.
- Der Einsatz von Rückschlagventilen erhöht den Druckverlust. Hier ist zu prüfen, inwiefern diese erforderlich sind.
- In der Wasseraufbereitung ist je nach Anlagentyp im Einzelfall das Einsparpotenzial zu ermitteln

Ebenfalls bestehen Möglichkeiten zur Energiegewinnung, welche zu prüfen sind. Hier können folgende prinzipielle Ansatzpunkte genannt werden (DVGW, 2010):

- Nutzung der Sonnenenergie mittels Photovoltaikanlagen
- Nutzung der vorhandenen hydraulischen Energie durch Einsatz von Turbinen ⇒ gegebenenfalls Prüfung anstelle von Druckminderen im Gebiet Stahl, wenn Zonen nicht anders getrennt werden können.
- Nutzung der Wärmeenergie durch Wärmepumpen in Einzelfällen wirtschaftlich möglich. ⇒ Hier wird derzeit keine wirtschaftliche Möglichkeit der Nutzung gesehen, da wie unter 2.5.2 beschrieben, kaum zusätzliche Wärmeproduktion zu Heizungszwecken erfolgt.

## 2. Bestandsaufnahme

Die Karte unter Abbildung 3 zeigt die Standorte der drei Wasserwerke Königswäldchen im Norden, Steinebrück im Nordwesten an der Nims und Mötsch südöstlich der Innenstadt.

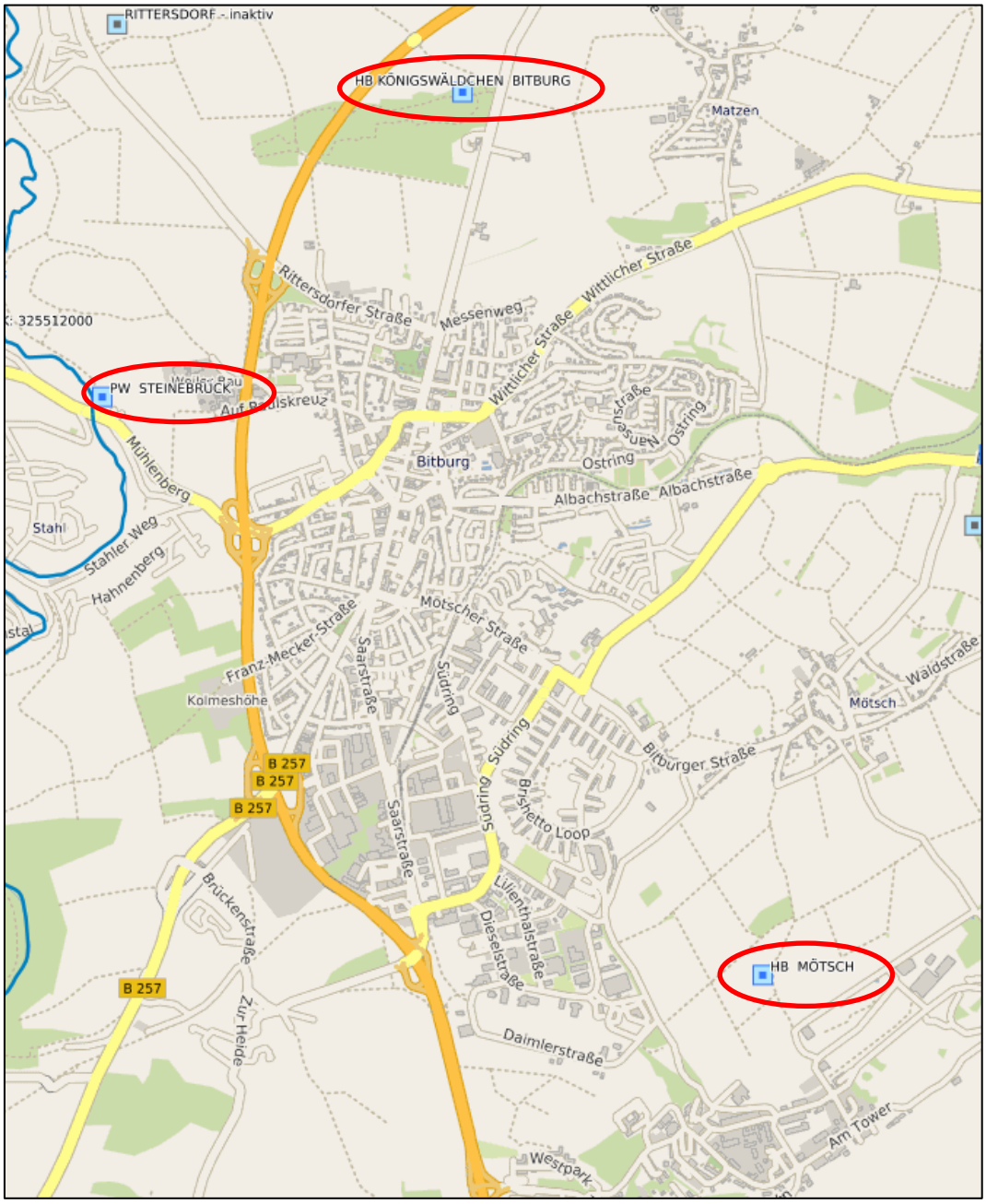



Abbildung 3 Karte mit Lage der Wasserwerke in Bitburg

Abbildung 4 zeigt die verschiedenen Versorgungszonen, Hochbehälter und Druckerhöhungsanlage (DEA) im Versorgungsgebiet der Stadtwerke Bitburg.

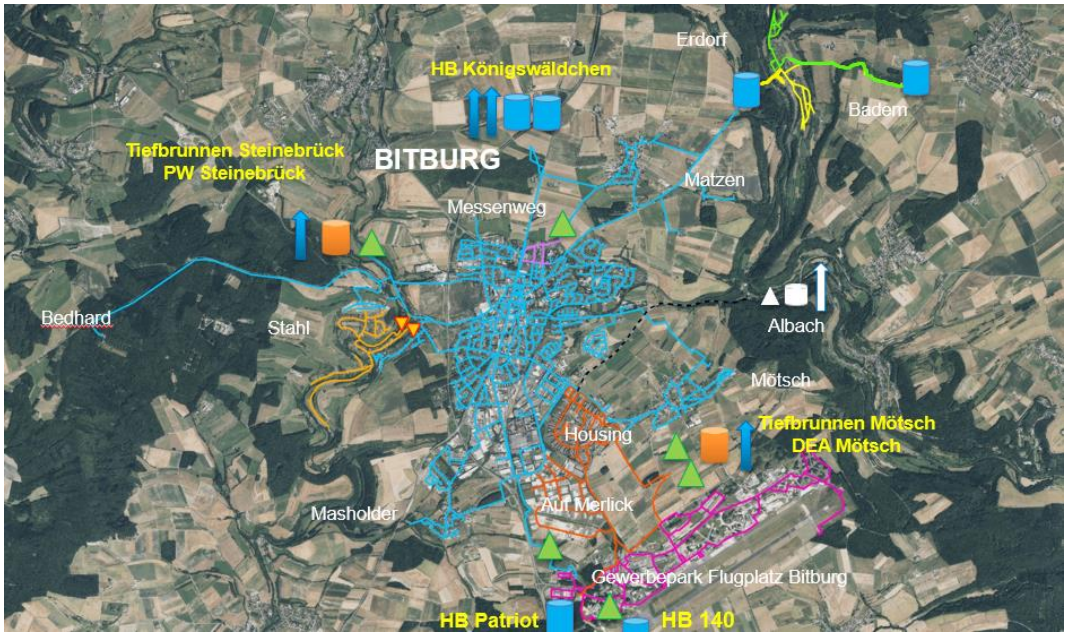



Abbildung 4 Netzplan Versorgungsgebiet Bitburg

## 2.1 Beschreibung der Wasseraufbereitung und -speicherung

### 2.1.1 Wasserwerk Königswäldchen

Das Wasserwerk Königswäldchen ist das Hauptwasserwerk der Stadtwerke Bitburg. Hierüber werden die Stadt Bitburg sowie die Ortsteile mit Trinkwasser versorgt. Abbildung 5 zeigt die Lage der einzelnen Anlagen, die zum Wasserwerk Königswäldchen gehören.

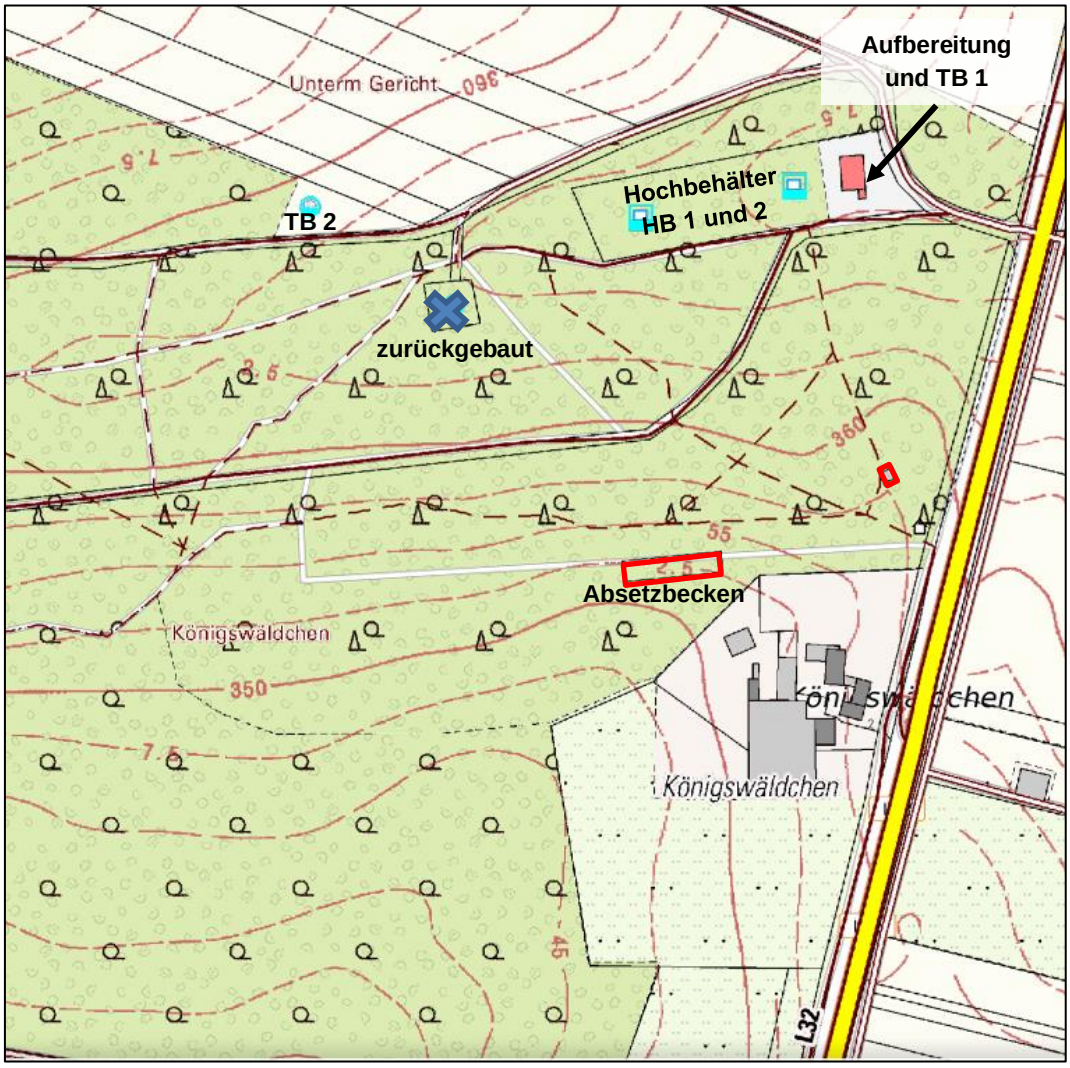



Abbildung 5 Karte Königswäldchen

In Abbildung 13 ist die Gesamtanlage Königswäldchen als Schemaskizze dargestellt. Das Wasserdargebot sind 200 m³/h (1 752 000 m³/a), wobei die maximale Fördermenge auf 120 m³/h (1 051 200 m³/a) begrenzt ist.

Die Anlage besteht aus zwei Tiefbrunnen (TB), zwei Hochbehältern (HB) mit je zwei Kammern und einem Absetzbecken für das Rückspülwasser. Die Tiefbrunnenpumpen werden über Frequenzumformer (FU) in Abhängigkeit des Füllstandes von HB 1 und HB 2 unter Berücksichtigung der Entnahmemenge (15 Minutenwerte) gesteuert.

Dabei sind wichtige Grenzen das nötige minimale Füllvolumen für den Brandschutz und ein notwendiger 24 h Betrieb aufgrund der installierten Uranentfernungsanlage (minimal 30 m³/h). Der Betrieb erfolgt in einem Wechselintervall TB 1 bis TB 2, mindestens 1-facher Wechsel pro Tag. Das Maximalvolumen der HB umfasst 2 000 m³ und das minimale Sollvolumen 1 500 m³.

Für die Aufbereitung des Wassers gehören neben der erwähnten Uranentfernung (zwei Filter) noch ein Oxidator und vier Kiesfilter zum Wasserwerk Königswäldchen. Im Folgenden werden die einzelnen Anlagenteile beschrieben.

#### 2.1.1.1 Tiefbrunnen 1

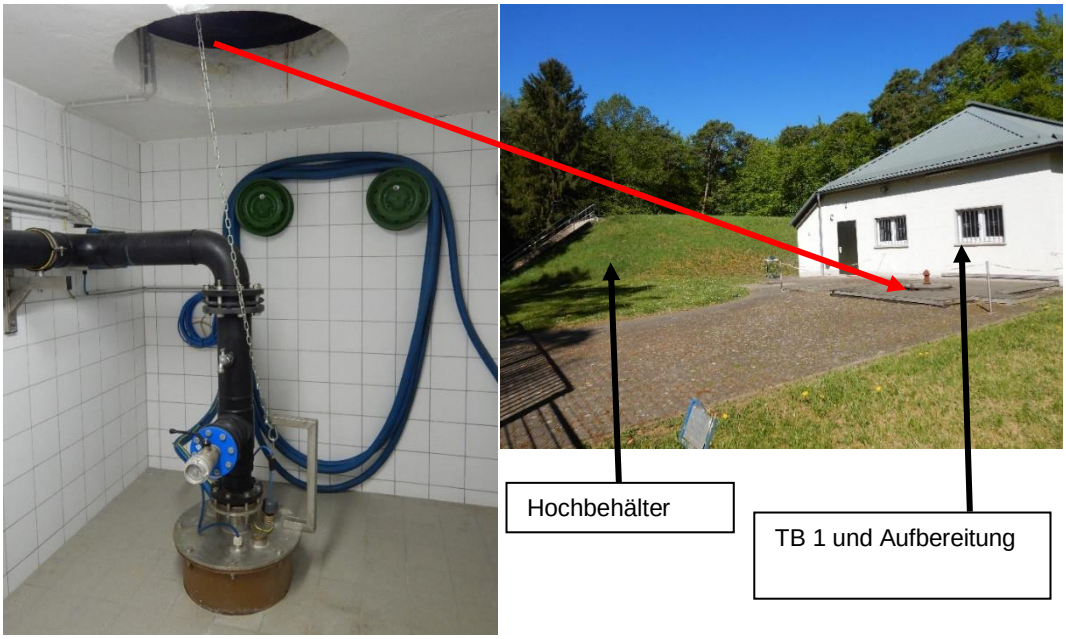



Abbildung 6 Fotos Tiefbrunnen 1 und Aufbereitungsgebäude Königswäldchen

Tiefbrunnen 1 ist der Primärbrunnen, der aber eine geringere maximale Förderleistung als Tiefbrunnen 2 hat.

Lage: Gemarkung Bitburg, Flur 1, Flurstück 15, eingeschossige, unterirdische Brunnenkammer im Vorplatz des Aufbereitungsgebäudes, Zugang durch das Untergeschoss des Aufbereitungsgebäudes.

Technische Daten des Brunnens:

| | |
|---|---|
| Baujahr: | 1953 |
| Tiefe der Bohrung: | 242,50 m |
| Durchmesser Filterrohr: | 300 mm |
| Ruhepegel: | 213,8 m NN bis 216 m NN Absenkwasserspiegel: 211,2 m NN bis 213,2 m NN |
| Sondentiefe: | 199,33 m NN (OK Brunnenkopf - 166,30 m) |
| Pumpentiefe am Flansch: | 193,10 m NN (OK Brunnenkopf - 172,50 m) |
| Pegelmessbereich der Sonde: | 0 m bis 50 m |
| Steigleitung: | 29 St. Edelstahl-Steigrohr DN 125, PN 25, Baulänge 6,0 m, Werkstoff 1.4301, im Vollbad gebeizt, AD: ca. 139,7 mm, Wandstärke ca. 2,9 mm, verdrehsichere ZSM-Verbindung mit 2 Edelstahl-Scherstäbe, 2 O-Ring-abdichtungen, mit seitlich angeschweißtem Peilrohr äußerer d = 54 x 2,0 mm, Materialkennzeichen an der ZSM-Muffe: 1.4301 |
| An Pumpe: | Edelstahl-Übergang DN 125 ZSM-Muffe auf DN 5"-WW-AG |
| An Brunnenkopf: | Edelstahl-Übergang DN 125 ZSM-Zapfen auf Flansch DN 125/PN 40, Werkstoff 1.4301 |

### 2.1.1.2 Tiefbrunnen 2 (neu)

Der Tiefbrunnen liegt in der Gemarkung von Bitburg, Flur 1, Flurstück 14. Es ist eine eingeschossige, oberirdische Brunnenkammer und liegt ca. 250 m westlich vom Aufbereitungsgebäude.

Abbildung 7 Foto Tiefbrunnen 2

Es gab Problemen mit Hitzestau im Brunnengebäude, wodurch elektrische Anlagenteile in Mitleidenschaft gezogen wurden. Das Gebäude wurde daher mit einer Klimaanlage nachgerüstet.

Ein Überbau zur Beschattung, der auch zum Anbringen von Photovoltaikanlagen zur Energiegewinnung genutzt werden kann, könnte hier auf zwei Arten helfen. Zum einen würde sich durch eine Beschattung die Hitzeentwicklung im Gebäude verringern. Außerdem könnte damit direkt Strom, insbesondere auch für die Klimaanlage erzeugt werden, welche hauptsächlich aktiv ist, wenn auch die Sonne scheint.

Technische Daten des Brunnens:

| | |
|---|---|
| Baujahr: | 2011 |
| Tiefe der Bohrung: | 350,00 m |
| Durchmesser Filterrohr: | 300 mm |
| Ruhepegel: | 212,5 m NN bis 216,2 m NN Absenkwasserspiegel 201,9 m NN bis 204,9 m NN |
| OK Brunnenkopf: | 363,59 m NN |
| Sondentiefe: | 189,19 m (OK Brunnenkopf 174,40 m) |
| Pumpentiefe am Flansch: | 177,10 m NN (OK Brunnenkopf -186,48 m) |

| | |
|---|---|
| Pegelmessbereich der Sonde: | 0 m bis 50 m |
| Steigleitung: | 31 St. Edelstahl-Steigrohr DN 150, PN 25, Baulänge 6,0 m, Werkstoff 1.4301, im Vollbad gebeizt, AD: ca. 139,7 mm, Wandstärke ca. 2,9 mm, verdrehsichere ZSM-Verbindung mit 2 Edelstahl-Scherstäbe, 2 O-Ring-abdichtungen, mit seitlich angeschweißtem Peilrohr äußerer d= 54 x 2,0 mm, Materialkennzeichen an der ZSM-Muffe: 1.4301 |
| An Pumpe: | Edelstahl-Übergang DN 150 ZSM-Muffe auf DN 6" |
| Feststellung 20.06.2018: | sehr wenige Rostablagerungen am Sondenkabel |

Der Absenkwasserspiegel liegt damit bei TB 2 ca. 10 m unter dem von TB 1. Ursache dafür ist nach Auskunft der Verantwortlichen, dass der Hauptwasserleiter deutlich tiefer liegt als bei TB 1 und daher auch die Tiefe der Pumpe 16 m unter der von TB 1 liegt. Daraus und der 250 m Leitung von Brunnen zu Aufbereitungsgebäude ergibt sich eine energetisch ungünstigere Ausgangsposition als von TB 1.

#### 2.1.1.3 Enteisenungsanlage

Die Enteisungsanlage bestehend aus Oxidator, Kompressor und Enteisenungsfilter befindet sich im Aufbereitungsgebäude wie TB 1.

Abbildung 8 Foto links Oxidator, rechts Kompressor

Hier wird dem Rohwasser über einen Kompressor Luft zugeführt, um das im Rohwasser enthaltene Eisen zu oxidieren. Die Luftzufuhr zum Oxidator kann und wird je nach Durchflussmenge automatisch durch Öffnen/Schließen eines Ventils geregelt.

Nach der Oxidation wird das oxidierte Eisen in den Kies-Sandfilterpaaren 1/2 und 3/4 aus dem Rohwasser filtriert. Um die Wirksamkeit der Filteranlagen zu gewährleisten, werden diese abhängig vom Differenzdruck zurückgespült. Mittels der pro Filterpaar installierten Differenzdruckmessung kann der Zustand der Filter kontrolliert werden.

Die Filter werden einzeln mit Rohwasser aus den Tiefbrunnen über die anderen Filter gespült. Der ausfiltrierte Eisenschlamm wird mit dem Spülwasser über eine Abwasserleitung dem Absetzbecken zugeführt. Der Überlauf des Absetzbeckens mündet in einem Gewässer III. Ordnung, dem Berleborn. Der Schlamm wird, nach Erfordernis, durch eine Fachfirma entsorgt. Abbildung 9 zeigt den Innenraum der Aufbereitungsanlage Königswäldchen. Die Zahlen in Klammern stehen für die Anzahl der jeweiligen Anlagen.

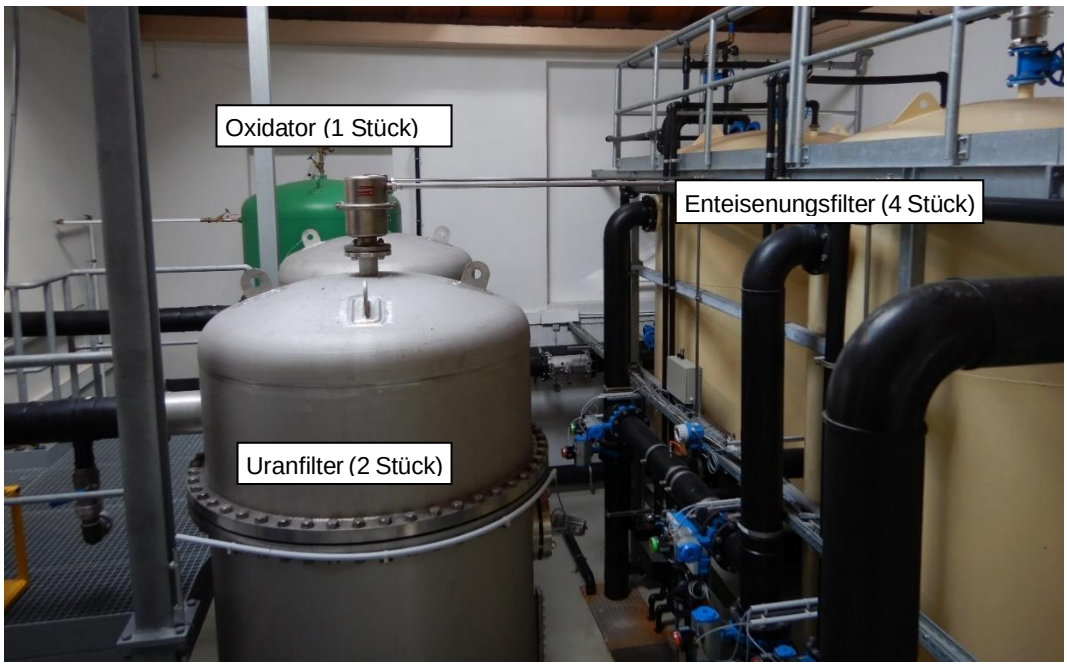



Abbildung 9 Foto Aufbereitung Königswäldchen

Dem Enteisenungsfilter ist eine Uranfiltration nachgeschaltet.

#### 2.1.1.4 Uranentfernungsanlage

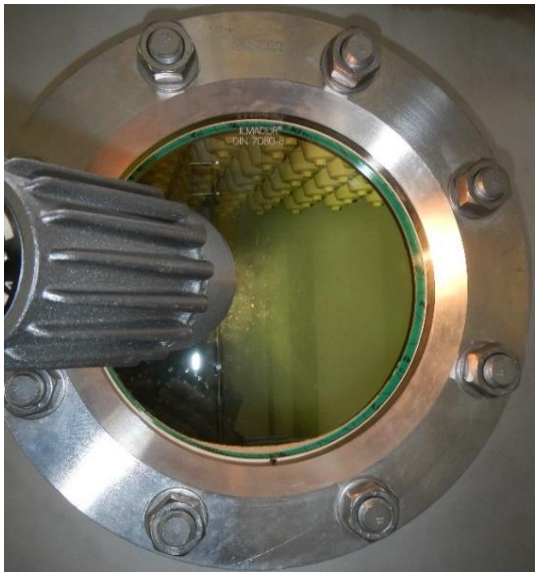


Abbildung 10 Foto Uranfilter

Es sind zwei Uranfilter installiert. In den Filtern wird das im Wasser vorhandene Uran an ein im Filter befindliches Spezialharz gebunden (Ionenaustausch). Das Ionenaustauschverfahren ist aktueller Standard in der Trinkwasseraufbereitung. Mittels spezieller ionenselektiver stark basischer Harze werden die Sulfat- und Carbonatkomplexe des Urans gebunden und aus dem Wasser entfernt. Uranentfernungsfilter werden im Betrieb nicht regeneriert. Bei Erschöpfung bzw. voll belastetem Filter wird das Material ausgetauscht und entsorgt. Der Austausch des Harzes erfolgt in Abhängigkeit der Beladung (7 g/l Harz) oder dem Überschreiten des internen Grenzwertes (2 µg/l Wasser).

#### 2.1.1.5 Dosieranlage Phosphat-Silikat

Nach der Filtration wird dem Reinwasser als Korrosionsinhibitor ein Phosphat-Silikat-Gemisch zudosiert. Dies erfolgt über zwei Dosierstationen. Wiederum erfolgt hier eine Zuordnung zu den Brunnenpumpen. Dosierstation 1 arbeitet, wenn der Tiefbrunnen 1 Wasser fördert, Dosierstation 2 arbeitet, wenn der Tiefbrunnen 2 Wasser fördert. Der elektrische Anschluss ist parallel zu dem der Brunnenpumpen geschaltet. Die Dosiermenge ist abhängig von der Durchflussmenge der jeweiligen Brunnenpumpe. Die Durchflussmengen werden über eine induktive Durchflussmessung ermittelt und zu den Dosierstationen weitergeleitet.

Die Dosierstationen werden über die Schaltung mit den Tiefbrunnenpumpen abwechselnd betrieben. Und durch das Vorhandensein von zwei Stationen ist der Betrieb bei Ausfall einer Station immer noch gewährleistet.

#### 2.1.1.6 Wasserspeicherung

Nach der Zugabe des Phosphat-Silikat-Gemischs wird das Reinwasser mittels Rohrleitungen den Hochbehältern 1 und 2 zugeführt und dort bis zur Abgabe in das Rohrnetz gespeichert.

Neben den Wasserkammern, in denen das Reinwasser gespeichert wird, befindet sich in jedem Hochbehälter eine Schieberkammer. In der Schieberkammer ist die Verrohrung mit den Armaturen des Hochbehälters installiert. Hierzu gehören die Befüll-, Überlauf-, Ablauf- und Entleerungsleitung. Die Einspeisung in das Netz erfolgt über den geodätischen Druck, also ohne gesonderte Druckerhöhung.

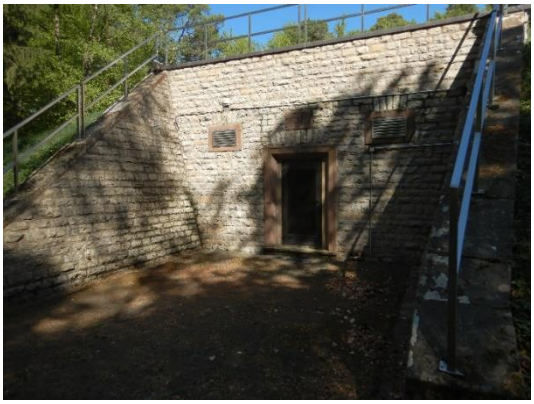


Abbildung 11 Fotos Hochbehälter Königswäldchen

**HB 1:**

| | |
|---|---|
| Lage: | Gemarkung Bitburg, Flur 1, Flurstück 15, aufgehendes Gebäude mit Erdabdeckung |
| Baujahr: | 1940 |
| Wasserkammern: | 2 St. in Rechteckform |
| Volumen der Wasserkammern: | 1 000 m³ |

**HB 2:**

| | |
|---|---|
| Lage: | Gemarkung Bitburg, Flur 1, Flurstück 15, aufgehendes Gebäude mit Erdabdeckung |
| Baujahr: | 1959 |
| Anzahl der Wasserkammern: | 2 Kammer- Rundbehälter |
| Volumen der Wasserkammern: | 1 000 m³ |

#### 2.1.1.7 Absetzbecken für Rückspülung der Filter

Das Absetzbecken befindet sich ca. 225 m vom Aufbereitungsgebäude weg, hangabwärts in Richtung Bitburg (ca. 15 Höhenmeter tiefer).

Abbildung 12 Absetzbecken Rückspülwasser Wasserwerk Königswäldchen

| | |
|---|---|
| Lage: | Gemarkung Bitburg, Flur 1, Flurstück 19, aufgehendes Becken mit Trapezblechabdeckung |
| Baujahr: | 1974 |
| Volumen: | 259 m³ |
| Auslauf: | Berleborn (Gewässer III. Ordnung), Gemarkung Bitburg, Flur 1, Flurstück 66 u. a. "Im Trimmels" |

Die Entleerung des Beckens (hauptsächlich Eisenoxidschlamm) erfolgt planmäßig alle zwei Jahre.

Eine Klarwasserrückführung nach DVGW-Arbeitsblatt W 221-1 ist mit dem derzeitigen Becken und auch aufgrund der Lage des Beckens nicht möglich/sinnvoll. Langfristig sollte, wenn eine Renovierung oder ein Neubau des Beckens ansteht, die Möglichkeit der Errichtung eines Absetzbeckens im Bereich der Aufbereitung mit einer Klarwasserrückführung geprüft werden, da so der Eigenverbrauch gesenkt werden kann.

Eine Schlammbehandlung in dem Sinne erfolgt nicht durch die Werke vor Ort, sondern der Schlamm wird unbehandelt durch einen Dienstleister aus dem Becken gepumpt, wenn ein bestimmtes Füllvolumen erreicht ist. Eine Entleerung ist etwa alle zwei Jahre nötig.

Eine gewisse Mengenreduktion erfolgt durch ein frühzeitiges Entwässern des Beckens. Durch die geringen anfallenden Mengen lohnen sich auch keine zusätzlichen Maßnahmen zur Eindickung vor Ort.

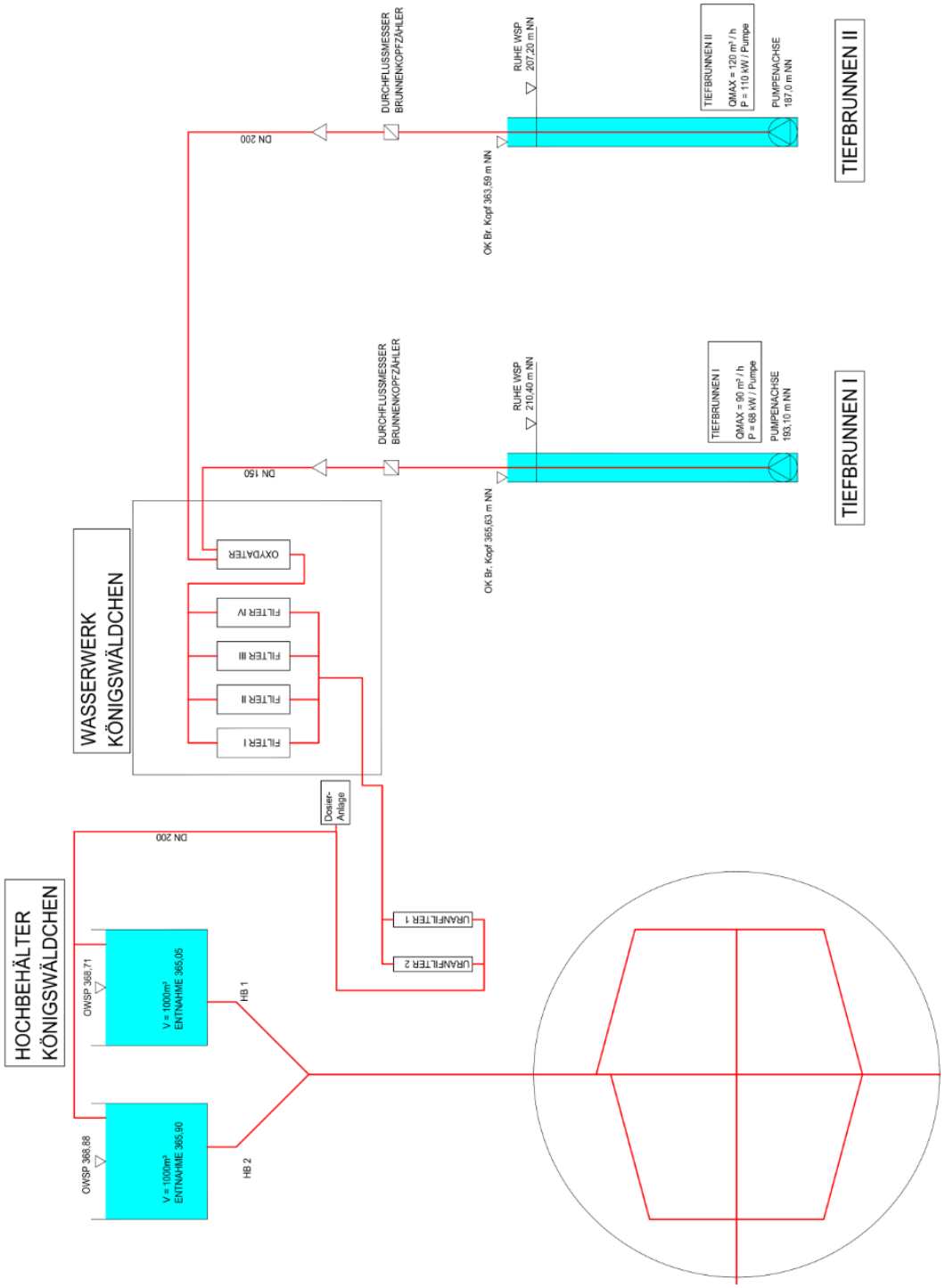



Abbildung 13 Schemaskizze Wasserwerk Königswäldchen

### 2.1.2 Wasserwerk Steinebrück

Der größte Anteil des Wasserbedarfes der Stadt Bitburg wird durch die Gewinnungs- und Aufbereitungsanlage "Königswäldchen" bereitgestellt. Zur Unterstützung dieser Anlage dient der Tiefbrunnen V mit der nachgeschalteten Aufbereitungsanlage Steinebrück (Eine Schemaskizze ist unter Abbildung 19 angefügt). Das Wasserwerk Steinebrück soll für Zeiten hoher Entnahmemengen, z. B. im Brandfall oder bei Störungen an anderen Anlagen vorgehalten werden. Zur Sicherstellung der Hygiene des Brunnens bzw. der Aufbereitung und des angeschlossenen Leitungsnetzes ist ein Mindestbetrieb der Anlage erforderlich. Die Mindestmenge zur Sicherstellung der Hygiene der Anlagen von Steinebrück sind 150 m³/d und demnach 54 750 m³/a. Die maximale Fördermenge des TB Steinebrück ist 85 m³/h. Die Maximalleistung des Wasserwerks hat ein Q = 50 m³/h, da die beiden Netzpumpen nur einzeln geschaltet werden und diese je einen Förderstrom von 50 m³/h haben. Auf Frage teilten die Werke mit, dass die vorgeschlagene und geplante Umstellung auf Minimalbetrieb bis jetzt nicht erfolgt ist. So betrug im Jahr 2019 die Förderung 199 101 m³ Wasser und damit mehr als TB 1, aus welchem 181 679 m³ gefördert wurden. Die hohe Fördermenge war aber auch dadurch bedingt, das im Juni 2019 TB 2 ausgefallen ist und es insgesammt ein trockener Sommer war.

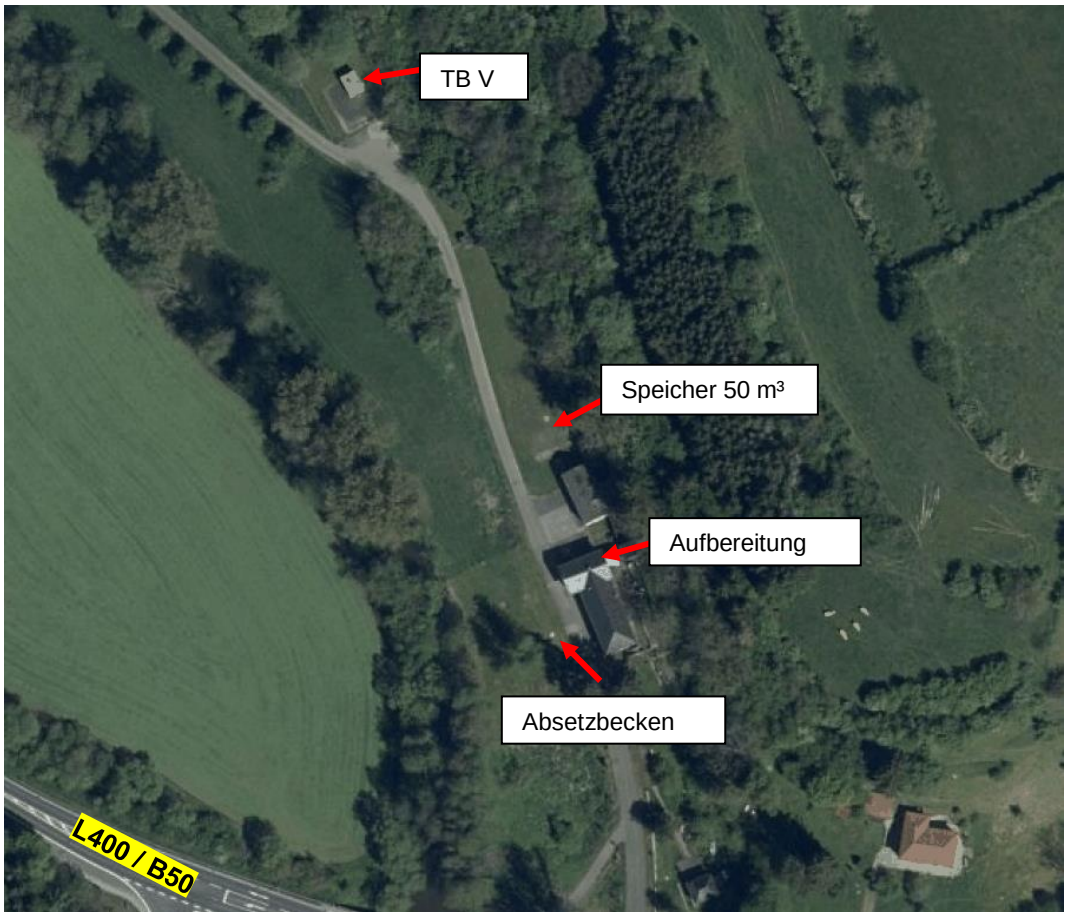



Abbildung 14 Luftbild mit Lage der Anlagen Wasserwerk Steinebrück

#### 2.1.2.1 TB V Steinebrück

Abbildung 15 Foto Tiefbrunnen V Steinebrück

Lage: Gemarkung Bitburg, Flur 17, Flurstück 10, eingeschossige, oberirdische Brunnenkammer nördlich des Aufbereitungsgebäudes

Vergleichbar mit TB 2 hat das Brunnenhaus keine Beschattung und im Sommer Probleme mit Hitzestau im Gebäude, weshalb auch hier eine Klimaanlage angebaut wurde.

Die Tiefbrunnenpumpe wird über einen FU in Abhängigkeit des Füllstandes des Vorlaufbehälters sowie der Einspeisemenge in das Leitungsnetz geregelt.

Technische Daten des Brunnens:

| | |
|---|---|
| Baujahr: | 1974 |
| Tiefe der Bohrung: | 320,00 m |
| Durchmesser Filterrohr: | 300 mm |
| Ruhepegel: | 204 m NN bis 205 m NN Absenkwasserspiegel: 185,4 m NN bis 188 m NN |
| Sondentiefe: | 124,00 m NN (OK Brunnenkopf - 150,30 m) |
| Pumpentiefe am Flansch: | 92,76 m NN (OK Brunnenkopf - 181,3 m) |
| Pegelmessbereich der Sonde: | 0 m bis 100 m, 190 m Kabel, d = 39,5 mm, Ausgang 4 mA bis 20 mA, 2-Leitertechnik |

| | |
|---|---|
| Steigleitung: | 31St. Edelstahl-Steigrohr DN 125, PN 25, Baulänge 6,0 m, Werkstoff 1.4301, im Vollbad gebeizt, AD: ca. 139,7 mm, Wandstärke ca. 2,9 mm, verdrehsichere ZSM-Verbindung mit 2 Edelstahl-Scherstäben, 2 O-Ringabdichtungen, mit seitlich angeschweißtem Peilrohr äußerer d= 54 x 2,0 mm, Werkstoffkennzeichen an der ZSM-Muffe: 1.4301 |
| An Pumpe: | Edelstahl-Übergang DN 125 ZSM-Muffe auf DN 5"-WW-AG, Werkstoff 1.4301 |
| An Brunnenkopf: | Edelstahl-Übergang DN 125 ZSM-Zapfen auf Flansch DN 150/PN 16, Werkstoff 1.4301 als Übergang Flansch Brunnenkopf-ZSM-Verbindung Dichtungen: 50 St. d= 141 x 192, Edelstahl FF-Stück DN 150, PN 16, L= 500 mm |
| Baujahr Pumpe: | 2012 |
| Einbautiefe: | 181,3 m |
| Förderleistung: | 85 m³/h |
| Förderhöhe: | 140 m |
| Motorleistung: | 49,5 kW |
| Fabrikat: | Flowserve, Pleuger |
| Frequenzumformer: | Hitachi, L 300 P |

Die Pumpe ist für einen Förderstrom von 85 m³/s ausgelegt und da bei maximaler Förderhöhe der AW um 50 m absinkt ist auch die Förderhöhe mit 140m sehr groß bemessen für den mittleren Betriebswasserspiegel (AW), welcher im Normalbetrieb von 50 m³/h 17 m bis 20 m unter dem Ruhepegel liegt. Dadurch läuft die Pumpe nicht im Wirkungsoptimum. Eine auf 50 m³/h ausgelegte Pumpe wird aber derzeit nicht in Betracht gezogen, da aus Gründen der Versorgungssicherheit die Maximalförderung von 85 m³/h beibehalten werden soll.

Auch dieser Standort bietet sich für eine Doppellösung der Energiegewinnung und Beschattung an. Er liegt zwar in einem Talabschnitt und ist dadurch morgens lange schattig, es könnte aber auch hier ein Überbau vergleichbar eines Carports angedacht werden. Zur Arbeit am Brunnen bzw. Entfernen der Pumpen muss eine Möglichkeit zur Öffnung bestehen.

### 2.1.2.2 Aufbereitung

Abbildung 16 Foto der Sandfilters Steinebrück, vgl. Königswäldchen und Mötsch

Die Enteisenungsanlage ist vergleichbar der Anlage im Königswäldchen, bestehend aus Oxidator, Kompressor und Enteisenungsfilter. Unterschied hierbei ist, dass kein Uranfilter nachgeschaltet ist und es nur ein Filterpaar gibt, weshalb das Rückspülwasser der Netzleitung entnommen wird. Weiterhin haben die hier verbauten Filter einen zulässigen Betriebsdruck von 4 bar, wie auch im Wasserwerk Mötsch, die Filter im Wasserwerk Königswäldchen hingegen nur 2 bar.

Der ausfiltrierte Eisenschlamm wird mit dem Spülwasser über eine Abwasserleitung dem Absetzbecken zugeführt. Der Überlauf des Absetzbeckens mündet in die Nims, ein Gewässer II. Ordnung. Der Schlamm wird auch hier nicht weiter aufbereitet und nach Erfordernis durch eine Fachfirma entsorgt.

### 2.1.2.3 Speicherung

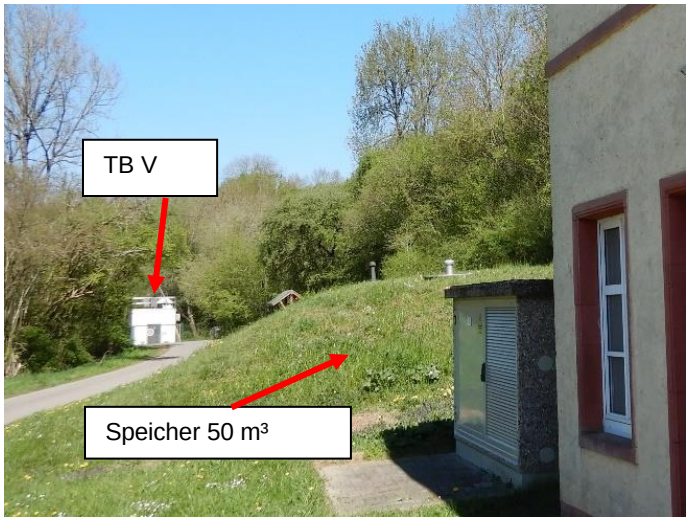



Abbildung 17 Foto Speicher und TB Steinebrück

Nach der Filtration wird das Reinwasser im Vorlaufbehälter gespeichert, der ein Volumen von 50 m³ hat und in Erdbauweise ausgeführt ist.

### 2.1.2.4 Phosphat-Silikat-Dosierung

Die Phosphat-Silikat-Dosierung erfolgt in die Zulaufleitung vom Vorlaufbehälter zu den Netzpumpen. Dies erfolgt über eine Dosierstation. Die Dosiermenge ist abhängig von der Durchflussmenge der Brunnenpumpe. Die Durchflussmenge wird über eine induktive Durchflussmessung ermittelt und zu der Dosierstation weitergeleitet.

### 2.1.2.5 Netzeinspeisung

Abbildung 18 Foto Netzpumpen Steinebrück

Die Netzeinspeisung erfolgt über eine der beiden Netzpumpen. Diese werden zeitabhängig bzw. dem Bedarf entsprechend geschaltet. Die Regelung erfolgt über den vorgegebenen Sollwert für die Fördermenge. Eine Einspeisung kann nicht über geodätische Höhe erfolgen, weshalb die Netzpumpen einen Gegendruck zum Stadtnetz aufbauen müssen. Es erfolgt eine Druckerhöhung von 11 bar, weshalb im Bereich der naheliegenden Bebauung Wohngebiet "Stahl" zwei Druckminderer und zwei nur einen Spalt offene Schieber verbaut sind. Dies führt zu einer aktiven Vernichtung von Energie. Ist die Anlage Steinebrück eingeschaltet, beträgt der Druck an der Druckerhöhungsanlage ca. 10,5 bar bis 11 bar. Ist die Anlage ausgeschaltet, liegt ein statischer Druck von ca. 9,5 bar bis 10,0 bar an.

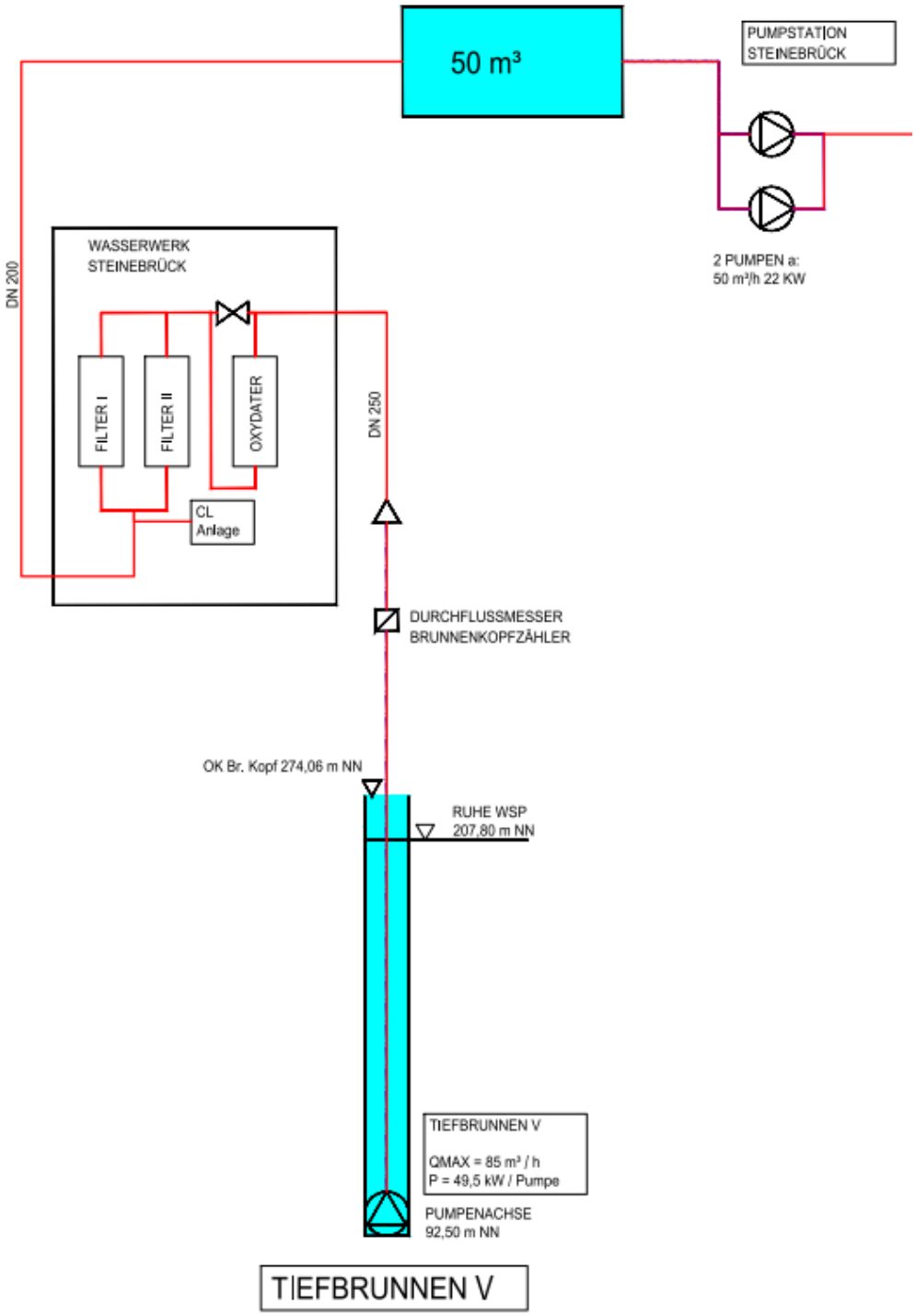



Abbildung 19 Schemaskizze Wasserwerk Steinebrück

### 2.1.3 Wasserwerk Mötsch

Das Wasserwerk Mötsch diente der Versorgung der ehemaligen US-Standorte "Alte Kaserne", "Housing Bitburg" und des Flugplatzes Bitburg. Auf dem Gelände sind Teile des Industriegebietes "Merlick" hinzugekommen. Über das Leitungsnetz der Niederdruckzone und den HB 140 sowie der nachgeschalteten Druckerhöhungsanlage 140 ist es mittlerweile mit dem Leitungsnetz der Hochdruckzone und der Stadt Bitburg über den HB Patriot verbunden. Eine Übersicht des Netzbereiches ist unter Abbildung 33 dargestellt. Die Anlagen wurden vom amerikanischen Militär übernommen und in das Stadtnetz integriert. Die räumliche Aufteilung ist nicht nachvollziehbar, da das Rohwasser erst 200 m zur Aufbereitung geleitet wird, um dann wieder 200 m zurück in den Hochbehälter zu fließen, welcher sich neben dem Tiefbrunnen befindet.

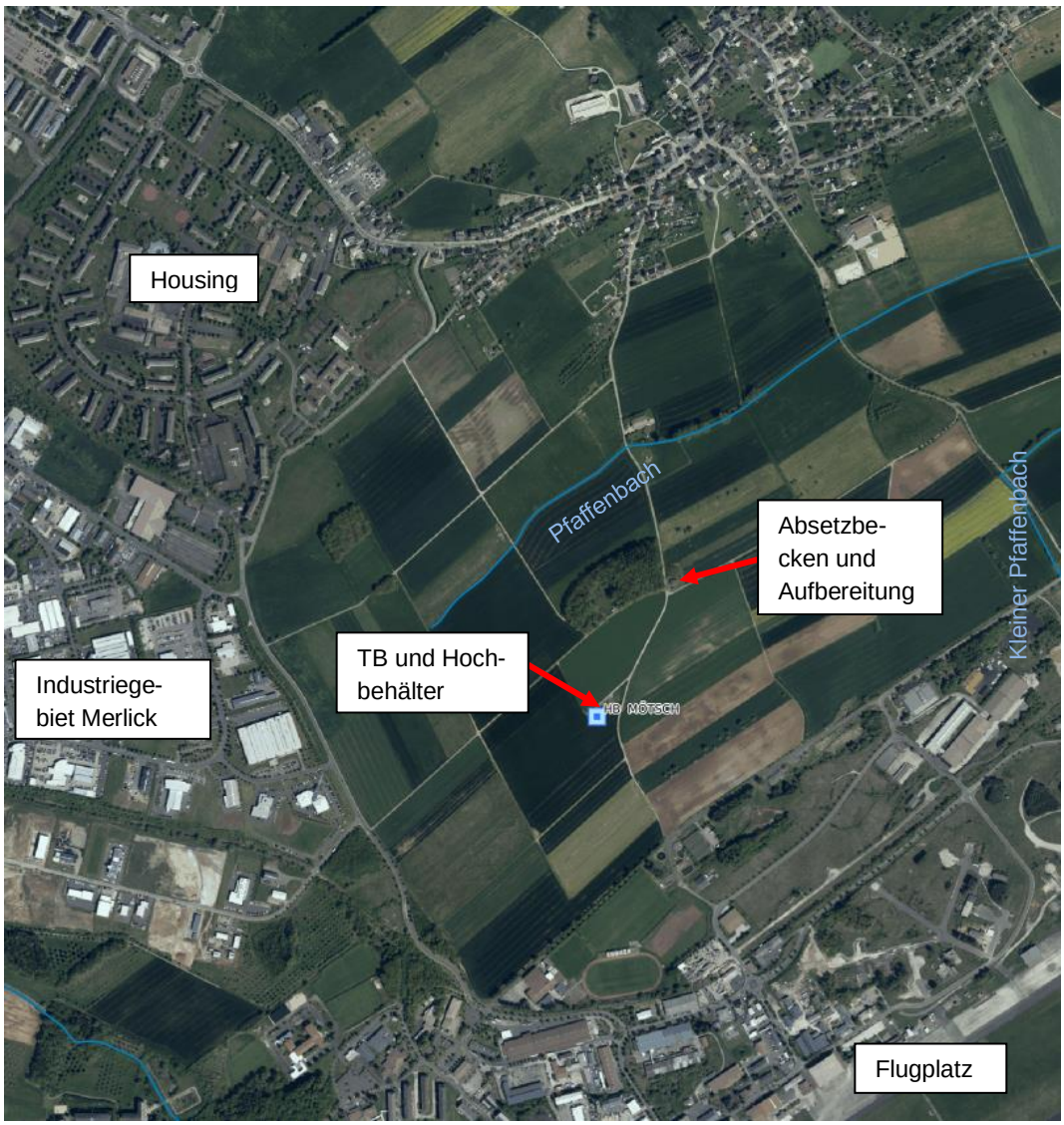



Abbildung 20 Luftbild mit Lage Wasserwerk Mötsch

### 2.1.3.1 TB Mötsch

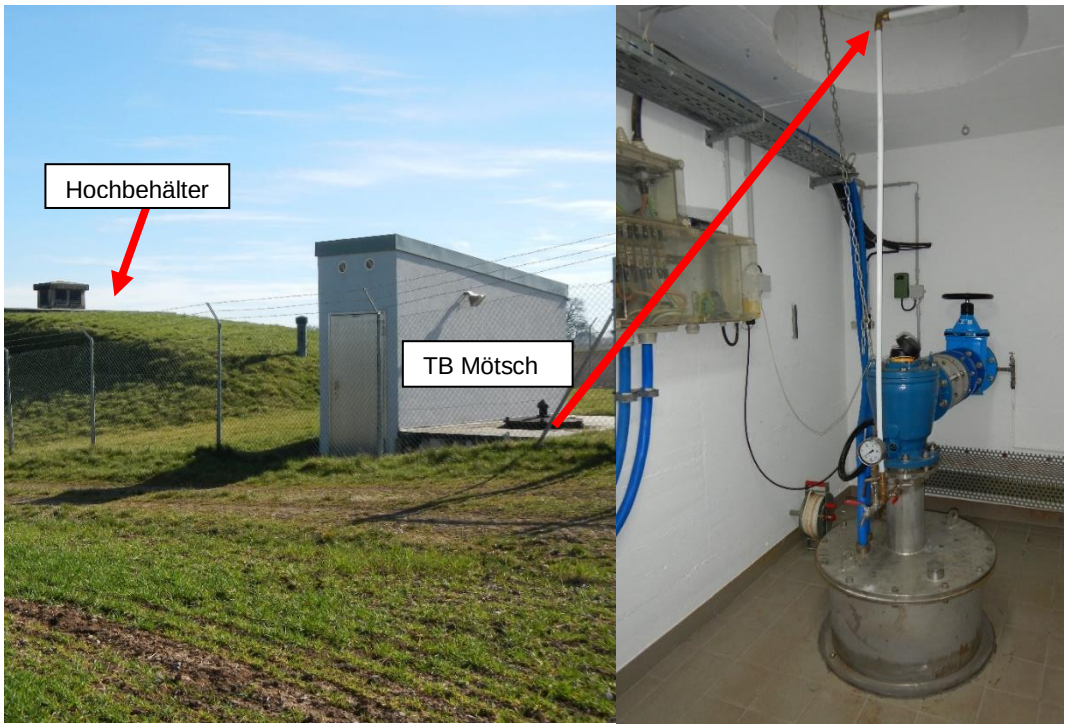



Abbildung 21 Foto Hochbehälter und TB Mötsch

Vom Tiefbrunnen Mötsch ist oberirdisch lediglich ein kleines einstöckiges Gebäude wie bei TB 2 und TB V erkennbar. Hierbei handelt es sich aber um den Eingang bzw. die Einhausung des Treppenhauses. Der Brunnen selbst liegt im Untergeschoss, weshalb weniger oder keine Probleme mit Hitzestau wie bei Brunnen TB 2 und TB V auftreten.

Technische Daten des Brunnens:

| | |
|---|---|
| Lage: | Gemarkung Mötsch, Flur 5, Flurstück 118/ 1, eingeschossige, unterirdische Brunnenkammer mit Zugang durch ein aufgehendes Treppenhaus |
| Baujahr: | 1974 |
| Tiefe der Bohrung: | 320 m |
| Durchmesser Filterrohr: | 300 mm |
| Ruhepegel: | 211,65 m NN |
| Sondentiefe: | 173,45 m NN (OK Brunnenkopf - 170,00 m) |
| Pumpentiefe am Flansch: | 162,15 m NN (OK Brunnenkopf - 181,30 m) |
| Pegelmessbereich der Sonde: | 0 m bis 40 m |
| Steigleitung: | 31 St. Edelstahl-Steigrohr DN 125, PN 25, Baulänge 6,0 m, Werkstoff 1.4301, im Vollbad gebeizt, AD: ca. 139,7 mm, Wandstärke ca. 2,9 mm, verdrehsichere ZSM-Verbindung mit 2 Edelstahl-Scherstäben, 2 O-Ringabdichtungen, mit seitlich angeschweißtem Peilrohr äußerer d = 60,3 x 2,0 mm, Werkstoffkennzeichen an der ZSM-Muffe: 1.4301 |
| Pumpenflansch: | DN 100/ PN 25 |

| | |
|---|---|
| An Brunnen Kopf: | Edelstahl-Übergang DN 125 ZSM-Zapfen auf Flansch DN 150/PN 16 |
| An Pumpe: | Edelstahl-Übergang DN 125 ZSM-Zapfen auf Flansch DN 125/PN 40 |

#### 2.1.3.2 Brunnenpumpe

Die Brunnenpumpe wird auf Anforderung des Hochbehälters in Abhängigkeit des Füllstandes aktiviert.

| | |
|---|---|
| Fabrikat: | Pleuger |
| Typ: | 84-10+M8-71-2 |
| Baujahr: | 1999 |
| Einbautiefe: | 156,88 m |
| Förderleistung: | 101 m³/h |
| Förderhöhe: | 170,00 m |
| Motorleistung: | 68 kW |
| Stromaufnahme: | 130 A |
| E-Kabel: | 3 + 4 x 70 mm² |

#### 2.1.3.3 Aufbereitung

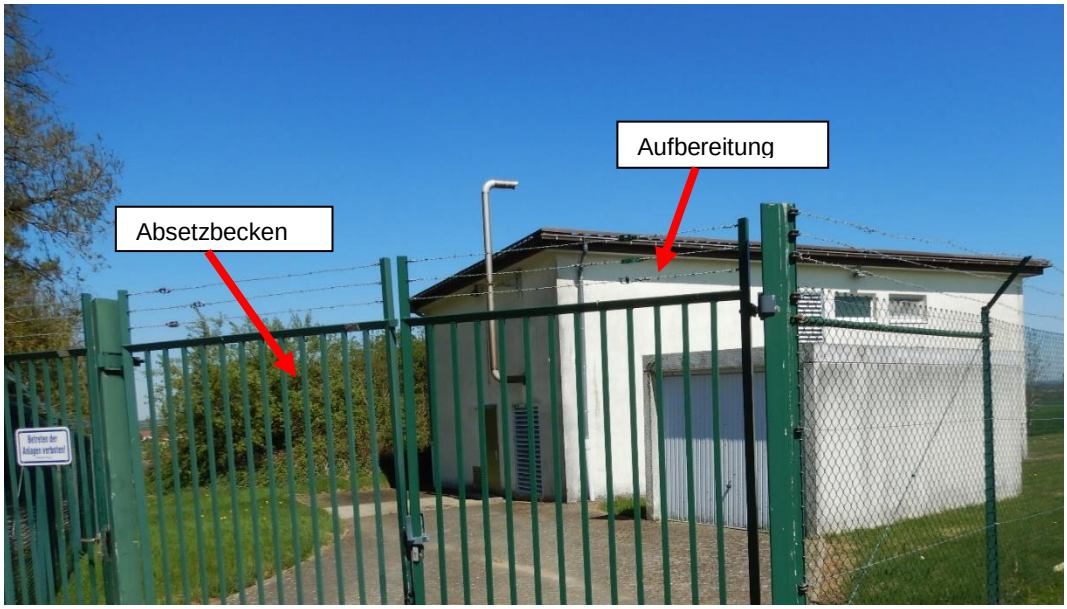



Abbildung 22 Foto Aufbereitungsgebäude Mötsch

Über Rohrleitungen wird das Rohwasser vom Tiefbrunnen in den Oxidator im Betriebsgebäude (Geb. 1020) geleitet. Hier wird dem Rohwasser mittels Kompressoren Luft zugeführt, um das im Rohwasser enthaltene Eisen zu oxidieren.

Nach der Oxidation wird das oxidierte Eisen in den Filtern aus dem Rohwasser filtriert. Um die Wirksamkeit der Filteranlagen zu gewährleisten, werden diese zeitabhängig zurückgespült. Mittels der pro Filter installierten Differenzdruckmessung kann der Zustand der Filter kontrolliert werden.

Im Normalbetrieb wird das Rohwasser über die drei Filter gereinigt. Bei der Rückspülung eines Filters wird die Filtration des Rohwassers durch die beiden übrigen Filter erledigt. Zur Rückspülung wird aufbereitetes Reinwasser aus dem Hochbehälter Mötsch (Housingleitung) verwendet.

Der ausfiltrierte Eisenschlamm wird mit dem Spülwasser über eine Abwasserleitung dem Absetzbecken (Althochbehälter) zugeführt. Der Überlauf des Absetzbeckens mündet in den Pfaffenbach, einem Gewässer III. Ordnung. Der Schlamm wird, nach Erfordernis, durch eine Fachfirma entsorgt.

Nach der Filtration wird dem Reinwasser über eine Dosierpumpe ein Phosphat-Silikat-Gemisch zudosiert. Die Dosiermenge ist abhängig von der Durchflussmenge der Brunnenpumpe und wird angesteuert über die Reinwasser-IDM. Die Durchflussmengen werden über eine induktive Durchflussmessung ermittelt und zu den Dosierstationen weitergeleitet.

Die Zuordnung der Dosierpumpen ist wie folgt festgelegt:

Dosierpumpe 1 (Stadtnetz), Ansteuerung über IDM in der Zuleitung.
Dosierpumpe 2 (Tiefbrunnen Mötsch), Ansteuerung über Reinwasser- IDM.
Weiter wird dem Reinwasser eine Chlorlauge zudosiert.

#### 2.1.3.4 Speicherung

Nach der Zugabe des Phosphat-Silikat-Gemisches bzw. der Chlorlauge wird das Reinwasser mittels einer Rohrleitung dem Hochbehälter zugeführt und dort bis zur Abgabe in das Rohrnetz gespeichert.

Neben den Wasserkammern, in denen das Reinwasser gespeichert wird, befindet sich im Hochbehälter eine Schieberkammer. In der Schieberkammer ist die Verrohrung mit den Armaturen des Hochbehälters installiert. Hierzu gehören die Befüll-, Überlauf-, Ablauf- und Entleerungsleitung.

Hierbei ist zu beachten, dass der Hochbehälter Mötsch sowohl über den Tiefbrunnen bzw. auch aus dem Stadtnetz befüllt werden kann.

#### 2.1.3.5 Einspeisung

Abbildung 23 Foto Einspeisepumpen (DEA) Flugplatz und Housing

Die DEA Mötsch speist in Abhängigkeit von Druck und vom Füllstand des HB 140 und Füllstand des HB Patriot ein.

Die DEA Mötsch ist in zwei Pumpengruppen zu je sechs Pumpen unterteilt.

A) die Pumpengruppe Flugplatz, B) die Pumpengruppe Housing.

Die Pumpengruppe Flugplatz versorgt direkt die Niederdruckzone des Flugplatzes Bitburg sowie die HB 140 und HB Patriot.

Die Pumpengruppe Housing versorgt die Housing Bitburg, die französische Kaserne und ein Teilgebiet des Industriegebietes Merlick. Über eine Verbindungsleitung Housing-Flugplatz speist sie ebenfalls in die Niederdruckzone des Flugplatzes und somit in die HB 140 und HB Patriot ein.

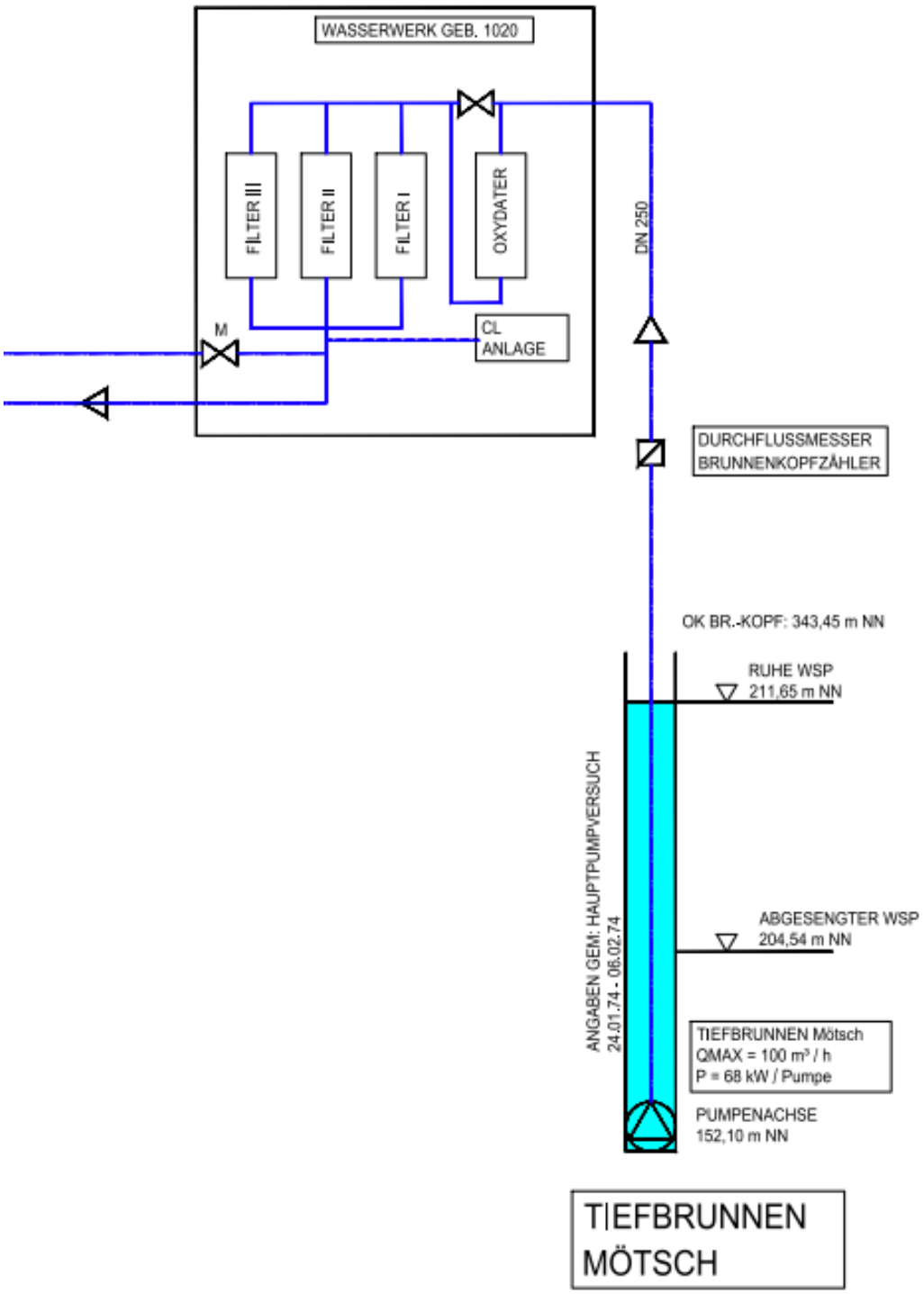



Abbildung 24 Schemaskizze Mötsch

## 2.2 Wasserdargebot zu Verbrauch

Die Rohwasserförderung belief sich im Jahr 2019 auf 1 166 269 m³. Damit kam es seit 2013 zu einem Anstieg der Förderung um 6 %.

Das Wasserdargebot und die Förderleistung der Pumpen erlauben deutlich größere Fördermengen von über 2 Mio. m³/a.

Der Spitzenverbrauch beträgt bei einem Faktor von 1,9 nach DVGW W 410 zum Durchschnittsverbrauch 6 071 m³/d und mit einem stündlichen Spitzenfaktor von 0,1 ergeben sich 607 m³/h. Die maximale tägliche Fördermenge beträgt aktuell 6 504 m³.

Tabelle 1 Wasserdargebot

| Tiefbrunnen | Wasserdargebot m³/h | Förderleistung Pumpen m³/h | Begrenzung auf m³/h |
|---|---|---|---|
| TB 1 | 200 | 90 | Gesamt 120 |
| TB 2 | | 120 | |
| TB V | 80 | 85 | Pumpen je 50 (max. 100) |
| TB Mötsch | 120 | 101 | - |
| Summe | 400 | | |

## 2.3 Druckzonen

Das Versorgungsgebiet der Stadtwerke erstreckt sich von etwa 270 m NN bis 370 m NN, weshalb es zu unterschiedlichen Drücken im Leitungsnetz kommt. Es gibt aktuell sieben Versorgungszonen (vgl. Abbildung 25), die in Tabelle 2 mit ihrer hauptsächlichen Höhenlage und Druckbereichen aufgezeigt werden.

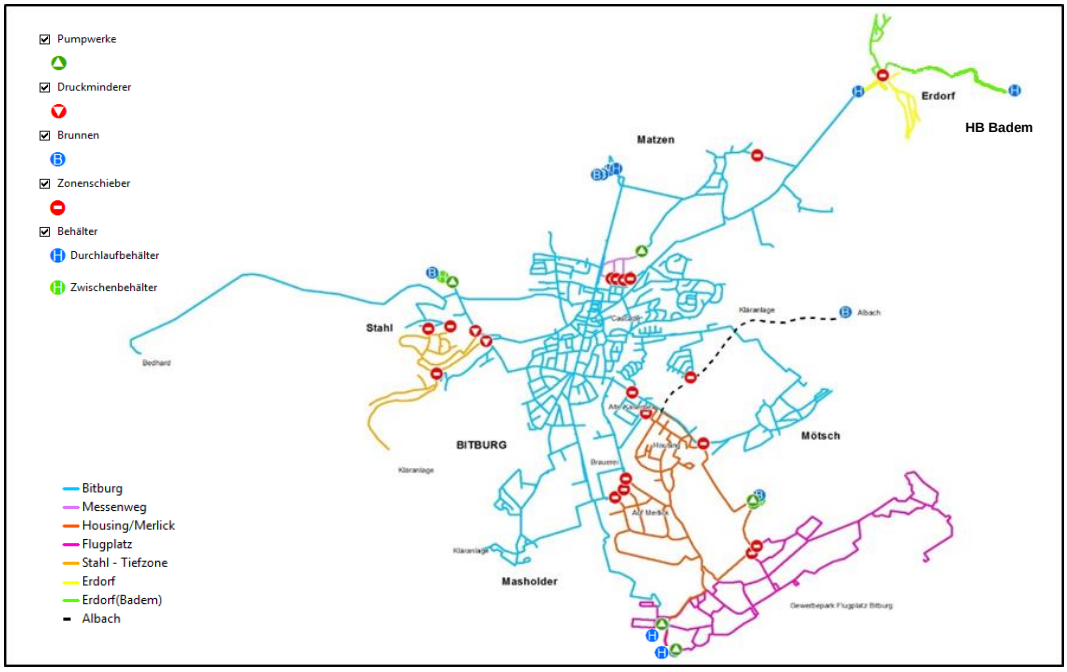



Abbildung 25 Übersicht Druckzonen

Tabelle 2 Druckzonen

| Bereich | Höhenlage<br>m NN | Durch-schnitts-druck<br>bar | Besonderheiten Druck<br>bar |
|---|---|---|---|
| Erdorf | 230 - 290 | 5 | Druck teilweise > 7 |
| Erdorf (Badem) | 230 - 250 | 6 | Druck teilweise > 7 |
| Bitburg | (280)<br>- 320 - 350 | 4,5 | Druck Bereich Albachstraße teils > 7<br>Druck Bereich Eifelstraße-Wittlichstraße 1,5 - 2,5 |
| Flugplatz | 350 - 370 | 3,5 | |
| Housing/Merlick | 310 - 350 | 2,5 | |
| Stahl | 265 - 300 | 5,3 | Druck teilweise >7 |
| Messenweg | 345 - 355 | 6 | |

## 2.4 Darstellung Mess- und Regeltechnik

Die Anlagen DEA Mötsch, DEA 140, Patriot, Wasserwerk Königswäldchen, Wasserwerk Steinebrück und Wasserwerk Mötsch können zentral mit der Fernwirktechnik "SAE 2000" und dem Prozessleitsystem "Procos" überwacht und teils gesteuert werden.

Die DEA Messenweg der HB Badem und der HB Erdorf haben kein Prozessleitsystem und melden Störungen per Telefonwahlgerät bzw. GSM-Wählverbindung.

Tabelle 3 Installierte Messungen

| Anlage | Durchfluss-messung | Druckmes-sung | Füllstand Be-cken/Pegel | Betriebsstun-den Pumpen | Stromauf-nahme Pum-pen | Fernwirktechnik |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **DEA Messen-weg** | ja | ja | - | ja | ja | Telefonwahlge-rät |
| **DEA Mötsch zum Flug-platz** | MID | ja | ja HB Mötsch | ja | ja | SAE 2000 |
| **DEA Mötsch zur Housing** | MID | ja | ja HB Mötsch | ja | ja | |
| **DEA 140** | MID | ja | ja HB 140 | ja | ja | SAE 2000 |
| **Patriot** | MID | ja | ja | ja | ja | SAE 2000 |
| **HB Badem** | EL: Zenner WS-XK, NE: MID | - | ja Ultraschall | - | - | GSM Wählver-bindung |
| **HB Erdorf** | ange. EL: Flü-gelrad; NE: MID | - | ja Ultraschall | - | - | GSM Wählver-bindung |
| **Königswäld-chen** | | Differenz F. | | | | SAE 2000 |
| TB 1 und 2 | je MID | | Pegel Brun-nen | ja | ja | |
| HB 1 und 2 | Auslauf MID | | ja | | | |
| Kompressoren Dosierpumpe | | | | ja | | |
| **Aufbereitung Mötsch** | ja | | | | | SAE 2000 |
| TB Mötsch | ja Brunnen-kopf | | Pegel Brun-nen | ja | ja | |
| Filter | Rein- und Spülwasser | Differenz | | | | |
| Phosphat-Sili-kat Dosierung | ja | | | | | |
| Kompressoren | | | | ja | | |
| **Steinebrück** | | | | | | SAE 2000 |
| TB V | MID | | Pegel Brun-nen | ja | ja | |
| Filter | | Differenz | | | | |
| Phosphat-Sili-kat-Dosierung | ja | | | ja | | |
| Netzpumpen | MID | | | ja | | |
| Kompressoren | | | | ja | | |

Zusätzlich sind in folgenden Zählerschächten Zähler mit Funkauslesung installiert:

- Albachstraße in Richtung Mötsch
- Mötscher Straße in Richtung Mötsch
- Stahl Hahnenberg in Richtung Stahl
- Stahl Stadtmühle in Richtung Stahl
- Stahl Dellbach/Bedhard in Richtung Stahl

Geplant:

- Anwesen Hilco in Richtung Masholder
- Tannenstraße in Richtung Masholder

## 2.5 Analyse des Energieverbrauchs

### 2.5.1 Stromverbrauch

Von den Anlagen und Gebäuden liegen die Daten zum Stromverbrauch seit 2013 vor. Auch der Energiebedarf für die Fahrzeugflotte und Geräte, z. B. für die Grünpflege, liegen seit 2013 vor.

Für einzelne Geräte, wie z. B. den Kompressor, liegen nur vereinzelt aktuelle Messungen vor. Eine Übersicht der Verbräuche der Anlagen ist unter Anhang 1 angefügt.

Anhand der von den Werken erhobenen Stromverbräuche und der zur Verfügung gestellten Betriebsdaten konnte der Energiebedarf je m³ Wasserförderung und Aufbereitung für die drei Wasserwerke ermittelt werden. Nach Analysen der DVGW-Forschungsstelle TUHH[5] liegt der Median Energieverbrauch für Wasserwerke bei 0,28 kWh/m³ und bei 0,21 kWh/m³ für die Verteilung; die 90. Perzentile liegt bei 0,62 kWh/m³ und 0,58 kWh/m³. Die Werte für Wasserwerk und Wasserverteilung müssen hier gemeinsam betrachtet werden, da sie durch die Höhe des jeweiligen Wasserwerkes voneinander abhängig sind. Es ergibt sich also die Summe der Medianwerte von 0,49 kW/h/m³.

Werden die Daten der Stadt Bitburg herangezogen, ergibt sich für das Wasserwerk Königswäldchen ein spezifischer elektrischer Energiebedarf von 0,95 kWh/m³, Wasserwerk Steinebrück 1,15 kWh/m³ und Wasserwerk Mötsch von 1,12 kWh/m³. Diese sind im Vergleich zum Literaturwert sichtlich über dem Median und liegen beinahe bei der Summe der 90. Perzentile (die nicht herangezogen werden kann, da wie beschrieben, die Werte voneinander abhängen). Damit haben die Wasserwerke der Stadtwerke Bitburg auf jeden Fall einen vergleichsweisen hohen Energiebedarf pro m³. Daraus allein lässt sich aber nicht auf die Energieeffizienz schließen, da die topografischen Gegebenheiten, das Wasserdargebot, also die Randbedingungen, sehr unterschiedlich sind und diese den Energieverbrauch erheblich beeinflussen.

Stromverbrauch der Aufbereitungsanlagen:

Tabelle 4 Stromverbrauch der Geräte in den Aufbereitungsanlagen

| Anlage/Geräte | Steinebrück | Mötsch | Königswäldchen |
|---|---|---|---|
| | kWh/a | kWh/a | kWh/a |
| Außenbeleuchtung | 35,0 | 400,0 | 100,0 |
| Beleuchtung Büro | 44,8 | 60,7 | 91,1 |
| Beleuchtung Aufbereitung | 92,4 | 242,9 | 212,5 |
| Schaltschrank | 876 | 2 190 | 700,8 |
| SPS | | | 1 314,0 |

5 https://www.dvgw.de/medien/dvgw/wasser/aufbereitung/1101plath.pdf

| Anlage/Geräte | Steinebrück | Mötsch | Königswäldchen |
|---|---|---|---|
| | kWh/a | kWh/a | kWh/a |
| Touchscreen | | | 613,2 |
| Raumheizer Büro | | 12 000 | 1 000,0 |
| Kompressor Oxidator 1 | 2 592 | 1 738 | 1 311,0 |
| Kompressor Oxidator 2 | | | 1 474,5 |
| Kompressor Spülluft | 262,5 | 922,5 | 247,5 |
| Kompressor Steuerluft | | 3,0 | 307,7 |
| Dosierpumpe Phosphat/ Silikat | 814,8 | 34,9 + 34,9 | 192,7 |
| Sauerstoffmessung | | | 87,6 |
| Trübungsmessung | | | 65,7 |
| Durchflussmessung | 262,8 | 131,4 | 262,8 |
| Dosierpumpe Chlor | | 148,9 | |
| Trafo Leerlauf | | 6 436 | |
| Trafo Last | | 9 296 | |
| **Gesamt** | **4 980,3** | **33 639** | **7 981,1** |

Tabelle 5 Stromverbrauch der Tiefbrunnenpumpen[6]

| Bereich/Anlage | TB 2 | TB V | TB Mötsch | TB 1 |
|---|---|---|---|---|
| Fördermenge m³ | 368 857 | 177 960 | 327 146 | 221 425 |
| Förderhöhe m | 191 | 140 | 170 | 181 |
| | kWh/a | kWh/a | kWh/a | kWh/a |
| Tiefbrunnenpumpe | 329 483 | 145 411 | 230 076 | 213 914 |
| Raumbeleuchtung | 6,6 | 1,6 | 6,6 | 6,6 |
| Außenbeleuchtung | | | 25 | |
| Schaltschrank | 438,0 | 438,0 | | 438,0 |
| Schaltschranklüfter | 178,9 | 25,5 | | 187,8 |
| Lüfter Drossel | 77,0 | | | 0,9 |
| Schaltschrankheizung | 200,0 | | | 20,0 |
| Kabelverluste | 17 116,0 | 2 764,8 | 8 598,8 | 3 145,8 |
| Externer Lüfter | 541,3 | | | |
| Durchflussmesser | 131,4 | 131,4 | | |
| **Gesamt** | **348 172,2** | **148 772,5** | **238 706,4** | **217 713,1** |
| **Gesamt pro m³** | **0,94** | **0,84** | **0,73** | **0,98** |
| **Wh pro m³/m** | **4,9** | **6,0** | **4,3** | **5,4** |
| **Wh pro m³/m (nur Pumpe)** | 4,7 | 5,8 | 4,1 | 5,3 |
| **Wirkungsgrad Pumpe η n %** | **59,4** | **47,6** | **67,1** | **52,0** |

6 Daten aus dem Jahr 2015, die im Rahmen eines Vorgängerprojektes von den Stadtwerken zur Verfügung gestellt wurden.

Nach Mutschmann/Stimmelmayr[7] wird ein Orientierungswert von 4,0 Wh/(m³ x m) bei einem Wirkungsgrad von 70 % als Zielwert vorgeschlagen. Dabei wird nicht berücksichtigt, dass Nassläufer grundsätzlich nach DVGW 2010 einen um 4 % bis 10 % schlechteren Wirkungsgrad als Trockenläufer haben. Daher ist der Wert von TB Mötsch schon als sehr gut zu betrachten, bei TB 2, TB 1 und TB V wird eine Verbesserungsmöglichkeit gesehen, wobei überprüft werden muss, ob der Spitzenwirkungsgrad der Pumpen schlechter ist oder sie nicht im Optimalbereich betrieben werden. Da TB V gerade erneuert wurde, müssen für eine Bewertung erst neue Daten aufgenommen werden.

Zum Vergleich zeigt Tabelle 6 eine Berechnung zum Energieverbrauch, der nötig für die Förderung von Wasserspiegel zu Brunnenoberkante ist.

Überschlagsmäßig ist für das Heben von 1 m³ Wasser um 1,0 m eine Energie von
1000 kg x 10 m/s² x 1 m = 10 000 Nm = 10 kJ nötig, das entspricht 0,00278 kWh/m³.

Allein für die Überwindung der geodätischen Höhendifferenz vom Absenkwasserspiegel bis zum Brunnenkopf ergeben sich damit folgende Werte:

Tabelle 6 Daten Tiefbrunnen

| Tiefbrunnen | OK BR Kopf | Mittlerer AW | Förderhöhe AW - OK BR Kopf | Verg. tatsächliche Förderhöhe | Potenzielle Energieerhöhung | Pumpenleistung bei 63 % Wirkungsgrad (Median Erhebung DVGW-Studie) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | m NN | m NN | m | m | kJ/m³ | kWh/m³ |
| TB 1 | 365,63 | 212 | 154 | 181 | 1.540 | 0,68 |
| TB 2 | 363,59 | 203 | 161 | 191 | 1.610 | 0,71 |
| TB V | 274,06 | 186 | 89 | 140 | 890 | 0,39 |
| TB Mötsch | 343,45 | 193 | 150,5 | 170 | 1.505 | 0,66 |

Zu beachten ist, dass die nötige Druckhöhe im Versorgungsnetz zwischen 360 m NN bis 400 m NN liegt, weshalb beim Wasserkraftwerk Steinebrück, welches unterhalb des kompletten Versorgungsgebietes liegt, noch einmal eine Druckerhöhung von 11 bar, dies entspricht 110 m, hinzukommt. Weiterhin ist nicht ersichtlich, warum TB V eine deutlich größere Förderhöhe über OK BR hat als die anderen TB. Dies ist darin begründet, dass bei einer Förderung von 85 m³/h für die die Tiefbrunnenpumpe ausgelegt ist, der mittlere Betriebswasserspiegel (AW) um ca. 50 m gegenüber dem Ruhewasserspiegel absinkt. Mit der aktuellen Fördermenge von 50 m³/h beträgt die Absenkung ca. 19 m.

Durch diese überschlägige Berechnung zeigt sich, dass deutlich über die Hälfte des Stromverbrauches der Wasserwerke durch die große geodätische Höhendifferenz zwischen Grundwasserpegel und Versorgungshöhe zustande kommt.

7 Mutschmann/Stimmelmayr Taschenbuch der Wasserversorgung (2014)

### 2.5.2 Wärmeverbrauch für Gebäude

Die Wasserwerksbetriebsräume haben i. d. R. keine eigenen Heizungsanlagen, eventuell einen Heizlüfter im Laborraum. In den Aufbereitungsgebäuden herrschen meist ca. 12 °C bis 15 °C. Durch Abwärme der Anlagen ist es im Winter frostfrei. Die Gebäude haben keine separate Wärmedämmung. Aus energetischer Sicht, also der Gegebenheit, dass keine Heizanlagen nötig sind, bedürften sie auch keiner Dämmung. Bisher sind anscheinend auch keine Frostschäden aufgetreten. Einzig die Schaltschränke haben eine eingebaute Heizung. Diese wird in Kapitel 2.5.3 gesondert betrachtet.

### 2.5.3 Wärmeerzeugung und Lüftung Schaltschränke, Klimaanlagen TB 1 und TB V

Die Schaltschränke haben eine eingebaute Schaltschrankheizung und Schaltschranklüftung. Die Schaltschränkheizungen in den Aufbereitungsgebäuden benötigen sehr wenig Energie durch die relativ konstanten Temperatoren. So liegen die gemessenen Verbräuche im Bereich von bis zu 20 kWh/a, während der Schaltschrank im Brunnenhaus TB 2 200 kWh/a für Heizung verbraucht. Die Lüftung liegt bei allen etwa bei 180 kWh/a; bei TB 2 und TB V kommen dazu noch zwischen 500 kWh bis 600 kWh für den externen Lüfter (Klimaanlage).

Eine Beschattung von TB 1 und TB V würde diesen Verbrauch erheblich senken. Gegebenenfalls bietet sich dabei direkt die Möglichkeit, die Beschattung mit einer Energieerzeugung über Photovoltaik zu koppeln.

### 2.5.4 Lufttrockner

In den Anlagen der Wasserwerke sind zwei mobile Lufttrockner im Einsatz. Einer steht aktuell im Bereich der Schieber von Hochbehälter 2, der zweite ist beim HB 140 in Verwendung, auch im Bereich des Auslasses und der Schieber.

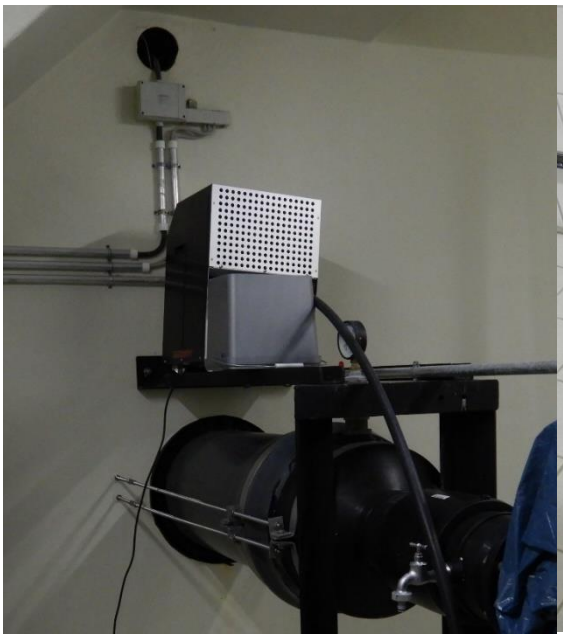


Abbildung 26 Fotos Lufttrockner

Aus energetischer Sicht ist auf die Verwendung geeigneter Geräte und deren optimalen Einsatz zu achten. Dabei ist nach Möglichkeit das Kondenswasser direkt abzuleiten und keine Sammlung in Behältern vorzusehen, da diese geleert werden müssen und es auch zu einer Wiederabgabe an die Luft kommt. Insbesondere sollten die Lüfter mit einem Hygrostat betrieben werden, um zu gewährleisten, dass die Luft nicht unnötig weit unter den Taupunkt entfeuchtet wird.

Aus baulicher Sicht sollte immer darauf geachtet werden, dass offene Wasserflächen in den Anlagen vermieden werden, um wenig Verdunstungsfläche zu haben und damit die Luftfeuchtigkeit gering zu halten.

## 2.6 Kennzahlen und Bewertung

In Anhang 1 ist der Stromverbrauch aller Anlagen dargestellt. Dabei wird bei den Wasserwerken standardmäßig nur die Gesamtanlage dauerhaft gemessen. Zusätzlich erfolgten Einzelmessungen am Kompressor Oxidator Königswäldchen, den Netzpumpen Steinebrück und der Druckerhöhungsanlage Mötsch durchgeführt.

Die Ermittlung der Leistungsaufnahme erfolgte mittels Fluke Messgerät und der Durchfluss wurde mittels PLS bestimmt.

<u>Messung Kompressor Oxidator Wasserwerk Königswäldchen</u>
Messung vom 23.06.2017 bis 30.06.2017, 6 d, 21 h, 40 min.

| | |
|---|---|
| Förderung: | 12 260 m³ |
| Energieverbrauch Kompressor Oxidator: | 69,565 kWh |
| spezifischer Verbrauch: | 0,0067 kWh |
| spezifischer Verbrauch Königswäldchen gesamt in Juni 2017: | 0,93 kWh |
| | |
| Anteil Kompressor Oxidator am Gesamtverbrauch Wasserwerk Königswäldchen: | 0,72 % |

<u>Messung Netzpumpen Wasserwerk Steinebrück</u>
Messung vom 16.06.2017 bis 23.06.2017, 6 d, 23 h, 30 min.

| | |
|---|---|
| Förderung: | 3 264 m³ |
| Energieverbrauch Netzpumpen: | 1 191,54 kWh |
| spezifischer Verbrauch: | 0,37 kWh |
| spezifischer Verbrauch Steinebrück gesamt in Juni 2017: | 1,13 kWh |
| | |
| Anteil Netzpumpen am Gesamtverbrauch Wasserwerk Steinebrück: | 32,74 % |

<u>Wasserwerk Mötsch</u>
Ermittlung des Anteiles der Druckerhöhungsanlagen
(Ermittlung m³ aus PLS, kWh aus RWE-Rechnung)
Betrieb DEA ohne Tiefbrunnenförderung

Tabelle 7 Energieverbrauch pro m³ DEA Mötsch

| Zeitraum | m³ | kWh | kWh/m³ |
|---|---|---|---|
| September 2015 | 12 508 | 3 660 | 0,29 |
| Oktober 2015 | 14 307 | 4 659 | 0,32 |
| Durchschnitt | | | 0,31 |

Tiefbrunnenförderung plus DEA-Betrieb

Tabelle 8 Energieverbrauch pro m³ Wasserwerk Mötsch

| Zeitraum | m³ | kWh | kWh/m³ |
|---|---|---|---|
| April 2015 | 25 488 | 27 110,71 | 1,06 |
| Mai 2015 | 23 352 | 25 032,74 | 1,07 |
| Durchschnitt | | | 1,07 |

Anteil DEA Mötsch am Gesamtverbrauch Wasserwerk Mötsch: 28,97 %
Austausch der Pumpengruppe Housing im Januar 2017
Alt: Lowara66SV2, Nennleistung 11 kW, Wirkungsgrad 76,05 %
Neu: KSB Movitec, IE 3, Nennleistung 11 kW, Wirkungsgrad 76,5 %
Durchschnittlicher spezifischer Wert 2017 = 1,13 kWh/m³
Durchschnittlicher spezifischer Wert 2015 = 1,08 kWh/m³
Durchschnittlicher spezifischer Wert 2016 = 1,16 kWh/m³

### 2.6.1 Spezifischer Energieverbrauch Wassergewinnung

Für die Wasserwerke stehen uns keine Einzelmessungen des Energieverbrauches der Tiefbrunnenpumpen zur Verfügung. Die Wasserwerke werden kontinuierlich als Gesamtanlage gemessen. Dabei ergeben sich pro m³ die in Tabelle 9 aufgezeigten Werte. Für Steinebrück und Mötsch erfolgten auch Einzelmessungen der Druckerhöhung, um deren Anteil abzuschätzen.

Tabelle 9 Vergleich Energieverbrauch Wasserwerke pro gefördertem m³

| Wasserwerk | Jahr | Fördermenge m³ | Energieverbrauch kWh | Energieverbrauch kWh/m³ | Durchschnitt kWh/m³ |
|---|---|---|---|---|---|
| Königswäldchen | 2019 | 659 619 | 631 500 | 0,96 | |
| | 2018 | 703 796 | 674 400 | 0,96 | |
| | 2017 | 654 075 | 615 700 | 0,94 | |
| | 2016 | 686 973 | 644 400 | 0,94 | 0,95 |
| Steinebrück | 2019 | 199 101 | 254 499 | 1,28 | |
| | 2018 | 145 571 | 158 264 | 1,09 | |
| | 2017 | 114 500 | 128 694 | 1,12 | |
| | 2016 | 218 788 | 242 200 | 1,11 | 1,11 |
| Mötsch | 2019 | 307 548 | 341 200 | 1,11 | |
| | 2018 | 286 265 | 323 100 | 1,13 | |
| | 2017 | 356 043 | 390 700 | 1,10 | |
| | 2016 | 226 529 | 261 400 | 1,15 | 1,12 |

Aufgrund des Energieverbrauches sollte aktuell bevorzugt das Wasserwerk Königswäldchen zur Wasserversorgung herangezogen werden und dabei insbesondere TB 1, da dieser Brunnen am energieeffizientesten ist, insbesondere durch die deutlich geringere Wasserspiegelabsenkung im Betrieb.

Den Hauptanteil am Energieverbrauch der Wasserwerke haben die Pumpen, insbesondere die Tiefbrunnenpumpen. Dabei ist sowohl eine hohe Effizienz des Motors wichtig, aber insbesondere, dass bei den verwendeten Kreiselpumpen der Volumenstrom und Gegendruck im Bereich des optimalen Wirkungsgrades der Pumpe gehalten wird. Allein von Art und Modell der Pumpe lässt sich nicht sagen, wie energieeffizient die Anlage ist. Für diese Betrachtung ist ein Vergleich nötig, bei welchen Laufleistungen das jeweilige Pumpenoptimum liegt und wie sie gefahren wird.

Aus der Einzelmessung der Netzpumpen des Wasserwerkes Steinebrück 2017 ergibt sich ein spezifischer Verbrauch von 0,37 kWh/m³ für die Netzpumpen. Bei einem spezifischen Gesamtverbrauch im Juni von 1,2 kWh/m³ für Kompressor, Licht und Schaltschränke wird ein Anteil von 2 % vom Restverbrauch angenommen (Kompressor Königswäldchen gemessen unter 1 %, Schaltschränke durchschnittlich 0,02 kWh, Klimaanlage TB V 600 kWh/a ca. 0,5 % im Jahresmittel). Der restliche Verbrauch von 0,82 kWh/m³ entfällt auf die Tiefbrunnenpumpe. Sie ist auf eine Druckerhöhung von 140 m ausgelegt; damit ergibt sich ein Wirkungsgrad von 47,5 %. Dieser Wirkungsgrad liegt deutlich unter dem bei Wasserläuferpumpen zu erreichendem Zielwert von ca. 60 % im Normalbetrieb. Daher sind bei der Pumpe oder bei der Pumpensteuerung Optimierungsmöglichkeiten zu erwarten.

Der Wirkungsgrad der Netzpumpen ergibt sich nach

$$\eta = \frac{P_Q}{P_{el}} = 100 \times Q \times \frac{p}{P_{el}}$$

mit 3 264 m³/s, p = 11 bar und $P_{el}$ = 1 192 kWh und dem Faktor 3 600 s/h. Im Messzeitraum ergab sich damit ein Wirkungsgrad von 83,7 %, was ein sehr guter Wert ist.

Da die Tiefen der Brunnen und Position der Pumpen mit dem Grundwasserdargebot abgestimmt sind, lässt sich deren Höhe in den bestehenden Brunnen nicht einfach verändern. Dafür müssten andere Rohwasserquellen erschlossen werden.

Daher liegen die größten Einsparpotenziale im Bereich der Brunnen in einer Wirkungsgraderhöhung der Pumpen durch deren optimalen Betrieb.

Das Wasserwerk Steinebrück und der TB V liegen direkt an der Nims, einem Gewässer II. Ordnung, wodurch es von der Lage her möglich wäre, die bestehenden Aufbereitungsanlagen umzurüsten und anstelle des TB einen deutlich flacheren (gegebenenfalls Horizontalbrunnen) zu errichten und anstelle des Grundwassers Flussfiltrat als Rohwasser zu verwenden. Hierzu wäre eine genauere Prüfung der Genehmigungsfähigkeit, der Wasserqualität und eventueller chemische Reaktionen beim Mischen mit dem Tiefbrunnenwasser nötig. Die Förderhöhe könnte dadurch aber um etwa 70 m verringert werden, was einer Leistung von ca. 0,35 kWh/m³ entspricht.

Selbst wenn dafür eine Ozonung nötig würde, deren elektrischer Energieverbrauch mit etwa 0,08 kWh/m³ angegeben wird, wäre damit eine deutliche Einsparung zu erzielen. Höher liegende Rohwasserquellen sind aber deutlich anfälliger für Schadstoffeinträge und Schwankungen im Dargebot, weshalb aus Sicht der Versorgungssicherheit die TB Vorteile bieten. Hier ist eine Abwägung der unterschiedlichen Faktoren durch die Werke nötig.

### 2.6.2 Spezifischer Energieverbrauch Wasserverteilung

### 2.6.3 Wasserverluste

Tabelle 10 Wasserverluste 2013 bis 2019

| Jahr | Unkontrollierter Verbrauch [m³] | Förderung [m³] | Eigenverbrauch [m³] | Anteil unk. Verbrauch [%] |
|---|---|---|---|---|
| 2013 | 168 855 | 1 095 388 | 35 485 | 15,29 |
| 2014 | 150 721 | 1 076 903 | 35 074 | 13,87 |
| 2015 | 166 866 | 1 136 187 | 35 753 | 14,55 |
| 2016 | 156 214 | 1 132 290 | 34 920 | 13,67 |
| 2017 | 112 842 | 1 132 058 | 35 753 | 9,97 |
| 2018 | 111 012 | 1 143 850 | 34 920 | 9,71 |
| 2019 | | 1 166 269 | 35 000 | |

Ein Teil der Verluste liegt im Bereich der Kunden, da sehr kleine Durchflussraten, wie sie z. B. bei tropfenden Wasserhähnen entstehen, unterhalb des Anlaufpunktes des Wasserzählers liegen.

## 2.7 Energie- und Treibhausgasbilanz

Die Treibhausgasbilanz für den Strom-, Benzin- und Dieselverbrauch der Wasserwerke ist unter Anhang 2 dargestellt. Für die Berechnung des $CO_2$-Ausstoßes pro kWh Strom wurde der Wert von 0,401 kg $CO_2$/kWh für alle Jahre genutzt, um keine externen Effekte darzustellen.

Für Fahrzeuge und Geräte, die mit Diesel betrieben werden, wurde ein Wert von 0,265 kg $CO_2$/kWh angenommen und für mit Benzin betriebene 0,274 kg $CO_2$/kWh.

Es wird keine Treibhausgasbilanz für die Herstellung und den Bau der Geräte und Anlagen berechnet. Bei Planungen zur Erneuerung, um $CO_2$ einzusparen, sollte aber immer berücksichtigt werden, dass diese in eine Treibhausgasbilanz gehören und zum Teil größer sind als der Treibhausgasausstoß während der kompletten Lebenszeit der Anlage.

Für die Übersicht wurden die Anlagen, wie Wasserwerke, Pumpstationen und Hochbehälter etc., nur gesamt betrachtet. Eine genauere Einteilung der jeweiligen Verbraucher ist unter 2.5 zu finden. Da die Treibhausgasbilanz die Gestehungskosten nicht berücksichtigt, ist der virtuelle $CO_2$-Ausstoß linear abhängig vom Stromverbrauch und deren Emissionsfaktor. Der eigene virtuelle $CO_2$-Ausstoß könnte gesenkt werden, wenn gezielt Strom bezogen würde, welcher aus regenerativen Quellen erzeugt wurde.

Was im aktuellen Umfeld aber keinen zusätzlichen Einfluss auf den Gesamtstrommix haben sollte und daher nur einem "schönrechnen" entspräche.
Der $CO_2$-Ausstoß pro m³ bereitgestelltem Trinkwasser entsprach 2019 0,48 kg. Zwischen 2013 bis 2018 ist er leicht von 0,44 kg/m³ 2013 auf 0,45 kg/m³ gestiegen. Der starke Anstieg 2019 kam durch einen Pumpenschaden der Tiefbrunnenpumpe im Wasserwerk Steinebrück zustande.

## 3. Potenzialanalyse

Die Potenzialanalyse soll durch Vergleich der anlagenspezifischen Werte der Wasserwerke Bitburg mit Zielwerten, wie z. B. dem Wirkungsgrad von Pumpen, mögliche Einsparpotenziale aufzeigen.

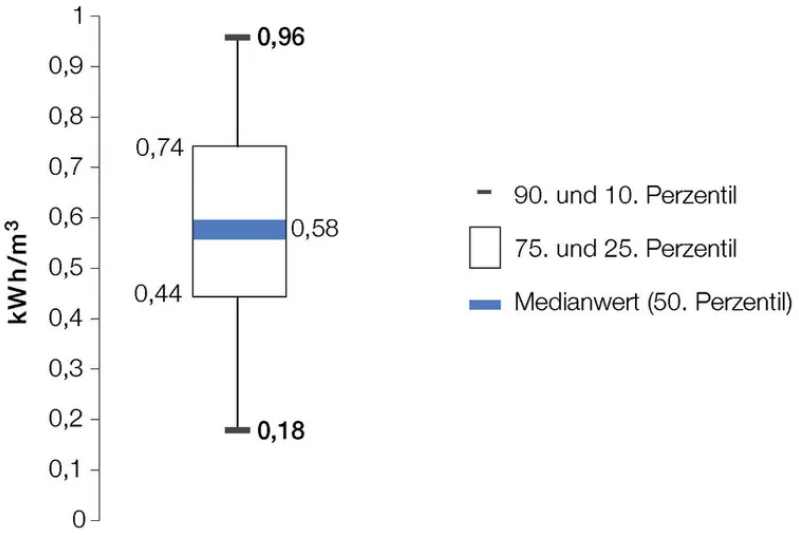
### 3.1 Energieeinsparpotenziale

Eine Maßnahme muss wirtschaftlich oder, wenn sie einem höheren Zweck dient, zumindest verhältnismäßig sein. Eine Wirtschaftlichkeitsprüfung erfolgt durch eine Kosten-Nutzen-Rechnung.

Die Maßnahmen dürfen sich auch nicht nachteilig auf die Versorgungssicherheit und Wassergüte auswirken.

Der Energieverbrauch pro m³ Wasser ist sehr unterschiedlich. Er hängt insbesondere von der zu pumpenden Höhe und der Art bzw. dem Umfang der Aufbereitung ab. Der Energieverbrauch der einzelnen Wasserwerke pro m³ ist in Tabelle 9 dargestellt. Demnach hat Königswäldchen pro m³ den niedrigsten Stromverbrauch. Dabei muss beachtet werden, dass es in einem gewissen Rahmen eine Grundlast gibt, welche bei geringer werdender Fördermenge den Verbrauch pro m³ erhöht, gut zu sehen beim Wasserwerk Mötsch.

Der Grund für den extremen Anstieg im Stromverbrauch pro m³ des Wasserwerkes Steinebrück im Jahr 2019 ist ein Pumpenschaden, weshalb diese erneuert wurde. Durch den Schaden wurden etwa 33 000 kWh mehr verbraucht, weshalb es wichtig ist, Probleme durch eine umfassende Netz- und Anlagenüberwachung frühzeitig zu erkennen. Insgesamt ist der Stromverbrauch pro m³ in Bitburg, im Vergleich zu 27 Wasserwerken und 35 Wasserverteilungsanlagen, für die eine Erhebung im Rahmen eines DVGW-Forschungsprojektes erfolgte (siehe Abbildung 27), als sehr hoch einzustufen.[8]




8 u. a. https://www.dvgw.de/medien/dvgw/wasser/aufbereitung/1101plath.pdf
https://www.gat-wat.de/wp-content/uploads/2017/12/Czekalla-Dr._-Vortrag.pdf

Abbildung 27 Durchschnittlicher spezifischer Energieverbrauch pro m³ Reinwasser; Quelle DVGW-Forschungsstelle TUHH[9]

Mit der Übergabe an die Stadt Bitburg und dem Anschluss der Wasserversorgungsanlagen der US-Streitkräfte an das Stadtnetz 2015 wurden die Förderkapazitäten der Werke schlagartig erhöht. Die Wasserwerke Königswäldchen und Mötsch könnten im Normalbetrieb die Wasserversorgung von Bitburg sichern, sodass die Anlage Steinebrück stillgelegt werden könnte. Aus Betriebssicherheitsgründen wurde entschieden, die Anlage zu erhalten und weiter zu betreiben, insbesondere da in den letzten Sommern der Spitzenverbrauch angestiegen ist, und zur Absicherung von Störfällen ist der Erhalt zu begrüßen.

### 3.1.1 Wasserverluste in Rohrnetzen erkennen und minimieren

Die Wasserverluste in Deutschland konnten dank gesteigerter Sensibilität und verbesserter Leckortungsmethoden in den letzten Jahren deutlich verbessert werden (von 1991 758 Mio. m³ auf 2016 457 Mio. m³ bzw. von 11,66 % auf 8,79 % Wasserverlust)[10]. Auch im Versorgungsgebiet der Stadtwerke Bitburg wurden Wasserverluste reduziert. Aber mit knapp 10 % in Bitburg im Jahr 2017 kann noch ein Reduktionspotenzial angenommen werden. Ein pauschaler Zielwert für erreichbare Wasserverlustraten wird aktuell mit 5 % angesetzt, welcher von den Niederlanden und einigen deutschen Versorgern erreicht wird.

Inwieweit die Wasserverluste sich durch eine bessere Überwachung weiter senken lassen, hängt mit vielen Faktoren zusammen, die keine genaue Berechnung zulassen. Aus Vergleichsdaten anderer Versorger erscheinen, wie schon beschrieben, Reduktionen des Wasserverlustes auf Werte zwischen 5 % bis 7 % realistisch, was einer Verringerung gegenüber den aktuellen Werten von ca. 10 %, von 34 988 m³/a bis zu 58 313 m³/a entspricht. Diese Einsparungen entsprechen etwa Energiekosten von 6 998,00 €/a bis 11 663,00 €/a.

Zur Vereinfachung der Bewertung werden die Wasserverluste ($Q_E$) abhängig von der Netzlänge ($L_N$) in m³/(km x a) nach DVGW-Arbeitsblatt W 400-3-B1 unterteilt. Es wird zwischen drei Größenklassen anhand von $Q_E/L_N$ unterschieden. Mit 8 369 m³/(km x a) befindet sich Bitburg im unteren Bereich der mittleren Kategorie (5 000 m³/(km x a) bis 15 000 m³/(km x a)). In dieser Kategorie ist ein spezifischer realer Wasserverlustwert $q_{VR}$ von unter 0,07 m³/(km x h) als niedrig, 0,07 m³/(km x h) bis 0,15 m³/(km x h) als mittel und größer 0,15 m³/(km x h) als hoch eingestuft. Demnach wäre als Ziel ein Wert von < 0,07 m³/(km x h) anzustreben (bei unter 5 000 m³/(km x a) wären es < 0,05 m³/(km x h)). Für Bitburg ergibt sich mit den Werten von 2017 ($L_N$ = 139,361 km ohne Hausanschlussleitungen und 112 842 m³ Jahresverlust) ein $q_{VR}$-Wert von 0,0924 m³/(km x h), was in die Kategorie "mittel" fällt. Um den Wert von 0,07 m³/(km x h) zu erreichen, müsste bei gleichbleibender Gesamtabgabe der Verlust auf 85 000 m³/a sinken (um 27 000 m³ bzw. 24,3 %).

9 DVGW-Information Wasser Nr. 77 zur Energieeffizienz

10 https://www.umweltbundesamt.de/daten/wasser/wasserwirtschaft/oeffentliche-wasserversorgung#sinkender-trinkwasserverbrauch-geringere-verluste

Nach der Gesetzmäßigkeit der abnehmenden Grenzerträge steigt der Aufwand für eine weitere Reduzierung überdurchschnittlich stark an. Daher ist ein effizientes Wasserverlustmanagement nötig und der Einsatz neuer Techniken und Methoden, um wirtschaftlich eine weitere Reduktion zu erreichen. Dabei sind insbesondere die Digitalisierung und moderne (kontinuierliche) Netzüberwachung von Bedeutung, aber insbesondere auch das Entwickeln einer Strategie des Netzunterhaltes, welche Materialien, Schadenshäufigkeiten etc. berücksichtigt werden. Dafür sind ein entsprechendes Datenmanagement und Datenerfassung nötig, um Kenntnisse zu den Ursachen zu erlangen und entsprechende Gegenmaßnahmen entwickeln und priorisieren zu können.

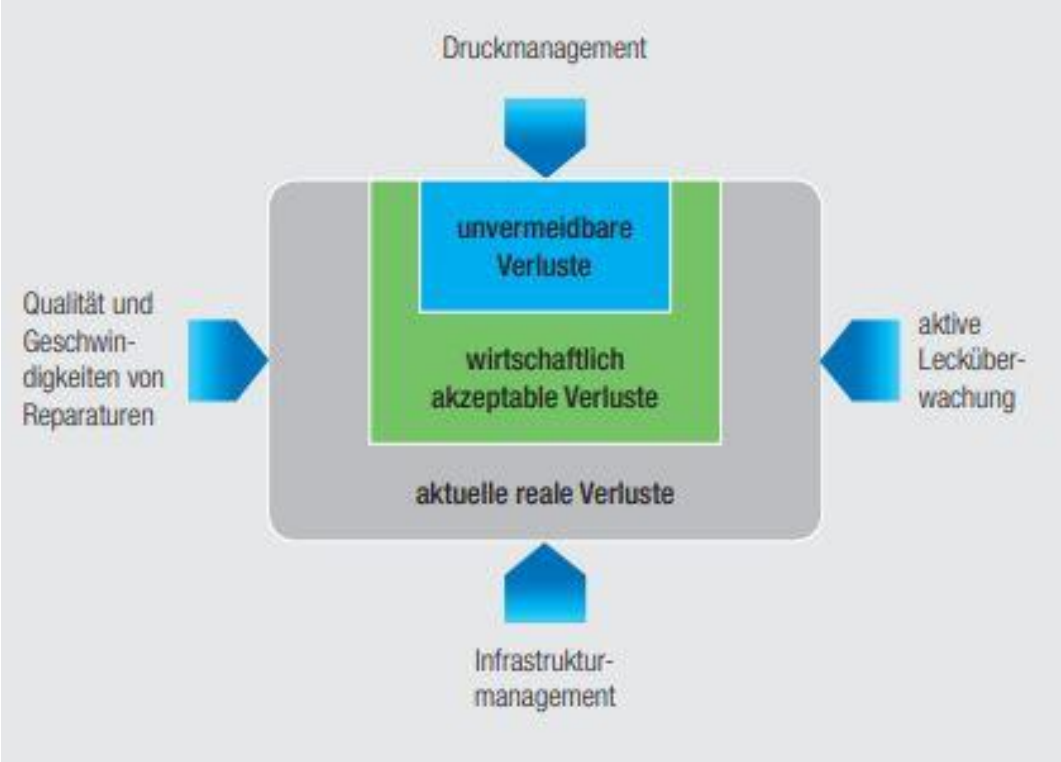



Abbildung 28 Wasserverlustmanagement Strategien Quelle: Energie/wasser-praxis 7/8 2015

#### 3.1.1.1 Versorgungsdruck

Der Versorgungsdruck hat einen Einfluss auf die Häufigkeit, mit der neue Leckagen in einem Wasserversorgungsnetz auftreten. So konnten Untersuchungen von Julian Thornton und Allan Lambert[11] zeigen, dass es einen direkten Zusammenhang zwischen der Reduktion des Drucks und der Häufigkeit von Rohrbrüchen an Haupt- und Versorgungsleitungen gibt. Danach führt permanent erhöhter Druck in Rohrleitungen zu einer höheren Schadensrate. In den untersuchten Bereichen sank die jährliche Schadensrate zwischen 28 % bis 80 %.

[11] https://www.waternz.org.nz/Attachment?Action=Download&Attachment_id=3683

Neben einem permanent hohen Druck wirken sich auch häufige ausgeprägte Druckschwankungen negativ auf das Rohrnetz aus, wie sie in vielen Netzen infolge des unterschiedlichen Verbrauchsverhaltens in Tages- und Nachtstunden sowie durch eine diskontinuierliche Betriebsweise von Netzpumpen auftreten (Roscher u. a., 2009)[12]. So ist es sinnvoll, dass Wasserversorgungsnetze mit möglichst gleichmäßigem Versorgungsdruck und nur minimalen Schwankungen betrieben werden, um häufige Schäden und hohe Reparaturkosten zu vermeiden. Ebenfalls an der Entstehung von Schäden beteiligt sind Druckstöße, die z. B. durch Fehler bei der Inbetriebnahme, durch das plötzliche Öffnen oder Schließen eines Schiebers oder Hydranten und bei Pumpenausfall auftreten können.

Daher sollte ein Druckmanagement erfolgen. Der anstehende Druck im Leitungsnetz hat maßgeblichen Einfluss sowohl auf die Entstehung neuer Schadensstellen, wie im ersten Abschnitt beschreiben, als auch auf die Höhe der realen Wasserverluste. Die Leckagerate, d. h. die Ausflussmenge aus einer undichten Stelle, ist signifikant abhängig vom Druck. Ziel eines effektiven Druckmanagements ist daher, unnötig hohe Drücke im Leitungsnetz auf ein optimales Niveau zu reduzieren. Für ein effektives Druckmanagement sollte das gesamte Versorgungsnetz in kleine, am besten hydraulisch getrennte Mess- und Druckzonen unterteilt sein/werden. Aktuelle Systeme können auch bei vermaschten Netzen mit theoretischen Zonen zur Lecksuche arbeiten. Dies stellt allerdings größere Anforderungen an die Software und erfordert mehr Messstellen. Dabei ist zu beachten, dass aus energetischer Sicht keine Druckreduzierung durch Druckminderer erfolgen sollte, wenn der Druck vorher per Pumpleistung erhöht wurde (Energieverschwendung), sondern wenn möglich für unterschiedliche Druckzonen eine eigene Druckerhöhung erfolgt.

So sollte das Wohngebiet "Stahl" als Ganzes eine eigene Versorgungszone werden und z. B. im Wasserwerk Steinebrück eine eigene (zweite) Pumpengruppe mit einer neu zu legenden Anschlussleitung Stahl mit einem niedrigeren Druck als den derzeitigen 11 bar versorgen.

Für eine Vergleichmäßigung des Pumpbetriebes sind Hochbehälter Mittel der Wahl, da über diese Schwankungen gepuffert werden können, ohne dass Netzpumpen in nicht optimalen Wirkungsbereichen oder diskontinuierlich arbeiten müssen. Zusätzlich erhöht ein größeres Speichervolumen die Versorgungssicherheit. Aus diesem Grund wäre ein eigener Hochbehälter für den entkoppelten Netzteil Stahl energetisch und versorgungstechnisch sinnvoll. Im Ortsteil Stahl werden im Jahr ca. 50 000 m³ Trinkwasser verbraucht; mit einem Spitzenfaktor von 1,9 ist der maximale tägliche Verbrauch 260 m³, für den z. B. ein Hochbehälter ausgelegt werden könnte. Bei der Versorgung einer getrennten Versorgungszone Stahl könnte anstelle der Druckerhöhung auf 110 m eine Erhöhung auf 50 m erfolgen. Unter der Annahme des Wirkungsgerades von 83,7 %, 50 000 m³/a Verbrauch und 60 m Drucksäulenreduktion ergibt sich eine elektrische Energieeinsparung von 9 964 kWh/a. Mit 20 ct/kWh ergibt sich eine mögliche Einsparung von ca. 2 000,00 € jährlich. Einsparungen durch Schadensreduktion und dadurch folgende Wasserverluste können nicht quantifiziert werden.

12 Roscher, H.; Rammelsberg, J.; Brussig, P.; Braun, T.; Roscher, H. (Hrsg.): Rehabilitation von Wasserversorgungsnetzen: Strategien - Verfahren - Fallbeispiele. 2. Berlin: HUSS-MEDIEN GmbH, 2009.

Zusammengefasst ergibt sich als Ziel das Einstellen eines möglichst konstanten, nicht zu hohen Versorgungsdrucks (5 bar bis 6 bar "üblicher" Ruhedruck im Schwerpunkt einer Druckzone, Mindestdruck 2,0 bar im EG plus 0,5 bar Neubaugebiet, 0,35 bar historisch gewachsen pro OG der "üblichen" Bebauung[13], an Hydranten darf im Brandfall ein Druck von 1,5 bar nicht unterschritten werden). Derzeit gibt es in Bitburg mehrere Bereiche, die zeitweise einen Versorgungsdruck von über 7 bar aufweisen, was sowohl die Energiebilanz durch das Pumpen verschlechtert als auch die Versorgungsleitungen stark belastet.

#### 3.1.1.2 Wassermengenbilanz und Infrastructure Leakage Index

Im DVGW-Arbeitsblatt W 392[14] wurde die Wasserverlust-Kennzahl "Infrastructure Leakage Index" ILI erstmals aufgenommen. Der ILI berücksichtigt mehr für den Wasserverlust relevante Strukturparameter als der bisher gebräuchliche "spezifische reale Wasserverlust" (qVR) und ermöglicht es, den Wasserversorgern sich auch international zu vergleichen.

Grundlage dieser technischen Kennzahl ist eine möglichst genaue Erfassung der Wassermengenbilanz, um den sogenannten realen Wasserverlust zu ermitteln. Die Aufstellung einer Wassermengenbilanz ist im DVGW-Arbeitsblatt W392 A dargestellt. Der Wasserverlust ergibt sich aus der Netzeinspeisung minus der Netzabgabe. Dieser Verlust kann aber noch einen scheinbaren Verlust beinhalten, der durch Mess-, Ablese- und Abgrenzungsfehler oder Wasserdiebstahl entstehen kann. Grundsätzlich ist von einem scheinbaren Verlust von 0 auszugehen, außer eine Abschätzung rechtfertigt einen höheren Wert. Bei den realen Verlusten wird zwischen drei Arten von Verlusten unterschieden, den unsichtbaren nicht detektierbaren, den unsichtbaren detektierbaren und den sichtbaren detektierbaren.

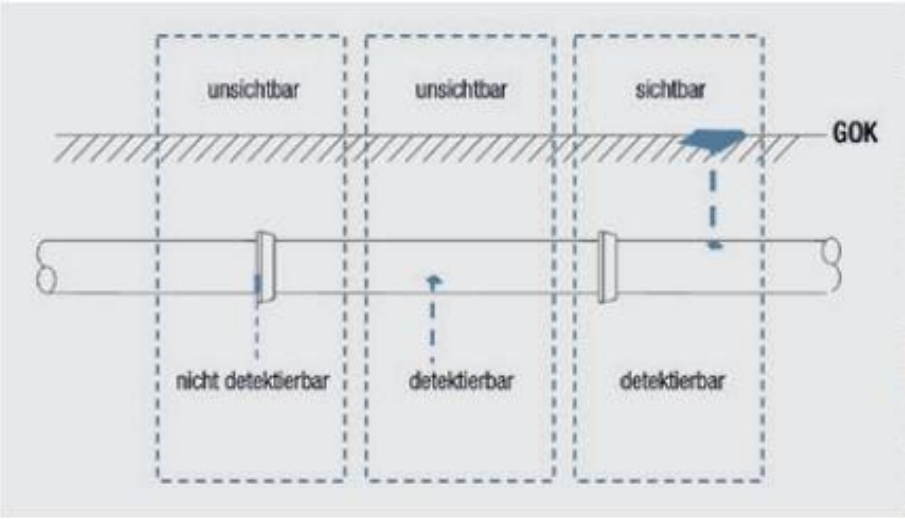



Abbildung 29 Verlustkomponenten Quelle: DVGW W 392

Ziel ist es, die Verlustbeiträge nach Leckrate zu differenzieren und diese den einzelnen Netzkomponenten (z. B. Versorgungsleitungen oder Hausanschlüssen) zuzuordnen. Eine entsprechende Zuordenbarkeit kann die Effektivität der Wasserverlustmanagementmaßnahmen erheblich verbessern.

13 DVGW-Merkblatt W 403

14 Arbeitsblatt W 392 Wasserverlust in Rohrnetzen (2017-09), Ermittlung, Wasserbilanz, Kennzahlen, Überwachung

Zur Einordnung von Wasserverlusten wurde der UARL (Un-Avoidable Real Losses) als Referenzwert eingeführt. Dieser gibt an, in welcher Größenordnung die unvermeidbaren realen Verluste liegen, die nicht sichtbar und nicht detektierbar sind. Der UARL ergibt sich aus der Zahl der Anschlussleitungen, der Rohrnetzlänge (ohne Anschlussleitungen), dem Betriebsdruck und der Gesamtlänge der Anschlussleitungen wie folgt:

$$UARL = (6{,}57 \times L_N + 0{,}256 \times n_{AL} + 9{,}13 \times L_{AL}) \times p \qquad \text{in m}^3\text{/a}$$

Dabei ist:

| | |
|---|---|
| $L_N$ | Rohrnetzlänge ohne Anschlussleitungen in km |
| $n_{AL}$ | Zahl der Anschlussleitungen |
| $L_{AL}$ | Gesamtlänge der Anschlussleitungen (Versorgungsleitung bis zum Wasserzähler) in km |
| p | durchschnittlicher Betriebsdruck im Rohrnetz in mWS (1 mWS = 0,1 bar) |

Für das Trinkwassernetz von Bitburg mit:

$L_N$ = 139 361 m (2016)
$n_{AL}$ = 4 719
$L_{AL}$ = 50 300m
p = 5 bar entsprechend 50 mWS

ergibt sich ein **UARL von 129 027 m³/a**

Um zu zeigen wie abhängig die unvermeidbaren Verluste vom Versorgungsdruck sind, wird nachfolgend der UARL für unterschiedliche Druckstufen berechnet.:

mit 3,5 bar 90 402 m³/a ⇒ durchschnittlicher Betriebsdruck, der von der DVGW angenommen wird.
mit 4 bar 103 221 m³/a
mit 6 bar 154 832 m³/a

Der durchschnittliche Druck wurde für Bitburg anhand einer hydraulischen Berechnung mit 5 bar angenommen. Tatsächlich gibt es Netzbereiche von 1,5 bar bis zu über 10 bar Druck, wodurch sich die tatsächlichen nicht detektierbaren Leckageraten je nach Netzbereich sehr unterschiedlich gestalten.

Der gemessene Verlust sank kontinuierlich von Jahr zu Jahr und betrug 2015 166 866 m³/a, 2016 156 214 m³/a und 2017 112 842 m³/a, was einem Verlust von 14,55 %, 13,67 % und 9,97 % entspricht. Die Verluste von 2017 sind nach den Berechnungen schon als gut einzustufen. Die Berechnung zeigt aber, wie stark druckabhängig die unvermeidbaren Wasserverluste abgeschätzt werden. Daher ist eine weitere Verbesserung nicht nur durch eine verbesserte Leckagesuche über eine softwaregestützte Netzüberwachung zu erreichen, die auf jeden Fall anzustreben ist, um die Leckagelaufzeit zu verringern. Weiterhin sollte auch eine Druckanpassung, dort wo es möglich erscheint, umgesetzt werden, um sowohl die Schadenshäufigkeit als auch die Leckagerate zu verringern.

#### 3.1.1.3 Inspektion auf realen Wasserverlust

Zur Überwachung des Wasserverlustes sollte das Netz in Messzonen unterteilt werden. Diese können entweder real hydraulisch abgegrenzte Netzbereiche sein (physikalische Messzonen) oder virtuell konzipiert werden. Dabei ist insbesondere im Hinblick auf die Energiebilanz zu berücksichtigen, dass physikalische Messzonen durch den Einbau von Armaturen etc. die hydraulische Leistungsfähigkeit des Netzes beeinflussen. Für diese Netzbereiche wird dann je eine Wassermengenbilanz ermittelt, um die Bereiche mit Verlusten zu identifizieren.

Einzelne Bereiche können dann mittels Druckprüfung nach DIN EN 806[15] überprüft werden. Verfahren zum Finden der Leckagen im kleinräumigen Bereich sind unter Kapitel 3.1.1.3.1 zu finden.

##### 3.1.1.3.1 Messverfahren zum Finden von Leckagen

Die meisten Verfahren nutzen die beim Austreten des unter Druck stehenden Wassers entstehenden Strömungsgeräusche zum Finden der Leckage. Ein spezielles Verfahren ist die Anreicherung des Wassers mit einem bestimmten Gas, das man am Auftrittsort detektieren kann. Für Leckagen an Verbindungsstücken und unterhalb bestimmter Austrittsmengen können die Strömungsgeräusche nicht festgestellt werden, weshalb diese Leckagen als nicht detektierbar zählen.

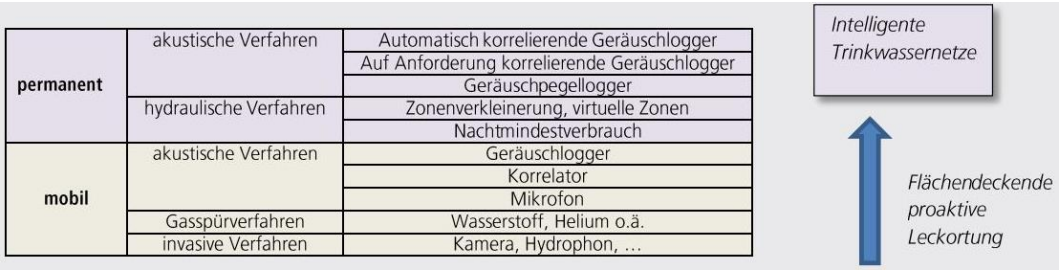



Abbildung 30 Übersicht Leckortungsverfahren[16]

15 DIN EN 806 Technische Regeln für Trinkwasserinstallation (Druckprüfungen Trinkwasserleitungen)

16 https://en.gutermann-water.com/wp-content/uploads/2018/03/Leckortung_im_intelligenten_Trinkwassernetz_-_3R.pdf

Folgend werden die Verfahren und Geräte und ihre Eignung genauer beschrieben:

| Verfahren | Gerät | Erläuterung |
|---|---|---|
| Akustisch | Horchdose | wird z. B. an Armaturen gehalten, um Geräusche zum Ohr zu übertragen |
| | Taststab/Teststab | wird z. B. an Armaturen gehalten, um Geräusche auf ein Mikrofon zu übertragen |
| | Bodenmikrofon | wird auf den Boden über der Leitung gehalten, um Geräusche auf ein Mikrofon zu übertragen |
| | Korrelator (Mikrofon/Hydrofon) | Geräusche werden an zwei Leitungspunkten aufgenommen, z. B. durch Mikrofone an Armaturen oder Hydrofone an Hydranten, und über die Laufzeitdifferenz lokalisiert |
| | Geräuschpegelmessgerät/e | zeichnet/n typische Geräusche an der Leitung (z. B. an Armaturen) oder in Leitungsnähe auf und ermöglichen ggf. eine Korrelation |
| | Rohrmikrofon/Akustikmolch | zeichnet typische Geräusche in der Leitung auf |
| Gasprüfung | Tracer-Gas | nach Befüllen der Leitung wird das entweichende Gas an der Geländeoberfläche detektiert |

Abbildung 31 Verfahren und Geräte zur Verortung von Leckagen, Quelle: DVGW W 392 A[17]

| Verfahren | Gerät | Eignung für Vorortung | Eignung für Lokalisation | Außerbetriebnahme erforderlich |
|---|---|---|---|---|
| Akustisch | Horchdose | bedingt | nein | nein |
| | Taststab/Teststab | ja | nein | nein |
| | Bodenmikrofon | nein | ja | nein |
| | Korrelator (Mikrofon/Hydrofon) | ja | ja | nein |
| | Geräuschpegelmessgerät | ja | nein* | nein |
| | Rohrmikrofon/Akustikmolch | nein | ja | nein |
| Gasprüfung | Tracer-Gas | ja | ja | gasabhängig |

* Bei korrelierenden Geräuschpegelmessgeräten ist eine Lokalisation möglich.

Abbildung 32 Eignung von Verfahren und Geräten zur Verortung von Leckagen, Quelle: DVGW W 392 A

Jedes Einsatzfahrzeug sollte nach Anhang E.1 DVGW W 400-3 mit Leckortungsgeräten wie Boden-Mikrofon und/oder Korrelator ausgestattet sein.

17 Technische Regel - Arbeitsblatt DVGW W 392 (A) Wasserverluste in Rohrnetzen, Ermittlung, Wasserbilanz, Kennzahlen, Überwachung

Die aktuelle Entwicklung zeigt, dass auch eine permanente Netzüberwachung auf Schadstellen mittels akustischem Überwachungssystem möglich und sinnvoll ist. Hierbei wird von ca. einem nötigen Messgerät pro 10 km Netzlänge ausgegangen. Dabei werden automatisch meldende, permanent installierte Hydrofone an Hydranten oder Transportleitungen angebracht, welche bei Überschreiten bestimmter Leckschwellen automatisch Daten an das Managementsystem senden[18].

Auch eine Überwachung des Durchflusses durch Ultraschall- oder magnetisch-induktive Messung und eine darauf aufbauende kontinuierliche softwaregestützte Netzüberwachung eignet sich zur Leckagesuche.

Untersuchungen zum Finden von Leckagen in vermaschten Wasserrohrnetzen durch Druckmessungen zeigen hingegen keine klaren Ergebnisse[19], so dass hiervon abgeraten wird.[20]

#### 3.1.1.3.2 Rohrinspektion

Die Rohrinspektion funktioniert über den Einschub einer Sonde in die unter Druck stehende Leitung. Der Sensor wird durch ein Ortungsgerät an der Erdoberfläche verortet. Vergleichbare Verfahren sind für Abwasserkanäle üblich.

### 3.1.2 Wasserverluste in Form von Spülwasser

Nach Angaben der Werke wurden im Jahr 2018 zur Spülung insgesamt 17 600 m³ Wasser verbraucht. Eine Reduktion des Spülwasserverbrauches verbessert, wie die Reduktion der Wasserverluste, direkt die Energieeffizienz. Durch eine Reduktion der nötigen Spülungen ergibt sich auch eine geringere Anzahl nötiger Außeneinsätze, wodurch Fahrten reduziert und Personal anders eingesetzt werden kann. Die Kosten sind abhängig von der Anzahl der nötigen Spülungen und wo sie erfolgen müssen. Eine Betrachtung des Einsparpotenziales kann daher nicht insgesamt, sondern nur bei Einzelmaßnahmen betrachtet werden (siehe Kapitel 4.2.2).

### 3.1.3 Wasserverluste in Form von Filterrückspülung und Erstfiltrat

Die Kies-Sand-Filter (Enteisenungsfilter) müssen regelmäßig, spätestens wenn der Druckverlust (der Differenzdruck zwischen Ein- und Auslauf) einen Wert von 0,5 bar erreicht, zurückgespült werden. Dabei werden die abfiltrierten Partikel, welche im Filter bzw. sich als Filterkuchen abgelagert haben, aus dem Filter ausgetragen. Nachdem ein Filter zurückgespült wurde und wieder in Betrieb genommen wird, wird normalerweise eine gewisse Wassermenge, das sogenannte Erstfiltrat, verworfen, da es durch einen höheren Anteil an Feststoffen noch nicht die gewünschte Reinheit hat. Der Eigenverbrauch für die Rückspülung und das Erstfiltrat ist ein Wasserverlust, durch dessen Reduktion Energie in Höhe der zuvor benötigten Energie zur Aufbereitung des Rückspülwassers eingespart werden kann.

---

18 https://wasser-abwasser-technik.com/intelligente-netzueberwachung/

19 https://www.rbs-wave.de/wp-content/uploads/ewp_0519_14-21_Osmancevic_Optimized.pdf

20 https://www.umweltfoerderung.at/fileadmin/user_upload/media/umweltfoerderung/Dokumente_Betriebe/Wasser_Betriebe/Studien_Wasserwirtschaft/AZM_Endbericht_FINAL.pdf

Die Daten, der für die Rückspülungen im Jahr 2019 benötigten Reinwassermengen sind im Folgenden aufgelistet:

Tabelle 11 Rückspülmenge pro m³ Förderung

| Wasserwerk | gesamt Förderung [m³] | Rückspülung [m³] | Rückspülung pro Förderung [m³/m³] |
|---|---|---|---|
| Königswäldchen | 659 619 | 11 960 | 0,0180 |
| Steinebrück | 199 101 | 780 | 0,0039 |
| Mötsch | 307 548 | 810 | 0,0026 |

Die Rückspülmengen der einzelnen Wasserwerke sind nach den Angaben der Stadtwerke auch pro m³ Fördermenge sehr unterschiedlich; hier scheint ein Einsparpotential vorhanden zu sein.

Die Rückspülmenge von 11 960 m³/a im **WW Königswäldchen** entspricht 11 347 kWh, welche für die Förderung und Aufbereitung nötig sind (spezifischer elektrischer Energiebedarf 0,95 kWh/m³, siehe Kapitel 2.5.1). Würde die Anlage genauso effizient arbeiten wie die Rückspülung in Mötsch, würden nur noch 1 737 m³ Rückspülwasser gebraucht und somit könnten jährlich 10 223 m³ Wasser eingespart werden. Das entspricht 9 699 kWh und bei einem Strompreis von 20 ct/kWh einer Kosteneinsparung von 1 940,00 € jährlich. Unter Kapitel 4.2.3 werden die Verfahren und möglichen Maßnahmen zur Optimierung des Filterbetriebes und deren Potenzial zu einer Energieeinsparung näher betrachtet.

### 3.1.4 Optimierung der Absenkung Wasserspiegel Tiefbrunnen

Der Ruhewasserspiegel der Tiefbrunnen sinkt im Betrieb sehr unterschiedlich ab. Während TB 1 und TB Mötsch eine RW-AW-Differenz von ca. 2 m bis 3 m je nach Jahreszeit haben, sinkt der Pegel von TB 2 zwischen 9 m und 13 m und TB V zwischen 17 m und 20 m ab. Durch diese große Absenkung des Pegels steigt die Förderhöhe und damit der Energieverbrauch deutlich. Die tatsächliche Absenkung schwankte in den letzten vier Jahren, wobei der Ruhewasserspiegel einen deutlich größeren Schwankungsbereich als der Absenkwassersiegel hat. Die Höhe des Absenkwasserspiegels hat sich in den letzten vier Jahren bei keinem der Brunnen deutlich geändert, sodass zumindest in diesem Zeitraum eine deutliche Verschlechterung durch Brunnenalterung nicht gegeben ist; insbesondere da TB 2 erst 2011 gebaut wurde. Daher ist anzunehmen, dass die starke Absenkung des Wasserspiegels an der Lage des Aquifers und dessen Ergiebigkeit liegt.

Eine Verringerung der Wasserspiegelabsenkung kann nur über die Anpassung der Fördermenge erfolgen. Diese ist aber von vielen anderen Faktoren abhängig, insbesondere den Verbräuchen. Die Fördermenge sollte auch angepasst an die Pumpenauslegung sein, sodass sie nahe dem optimalen Wirkungsgrad betrieben wird. Bei der Auslegung neuer Tiefbrunnenpumpen muss das Wasserdargebot und die jeweilige Absenkung berücksichtigt werden.

Weiterhin ist zu prüfen, inwieweit der Zustrom durch eine fehlerhafte Ausführung oder Zusetzung mit Ablagerung der Filterkiesschüttung erfolgt und gegebenenfalls durch eine Brunnenregenerierung eine Verbesserung erzielt werden kann. Die uns vorliegenden Daten lassen keine Schlussfolgerungen zu, ob die großen Absenkungen des Wasserspiegels von TB 2 und TB V von einer zu geringen Schüttung des Grundwasserleiters oder einer zu geringen Durchströmbarkeit des Filters herrührt. Daher können keine weiterführenden Maßnahmen vorgeschlagen werden, außer dies zu untersuchen/beachten.

### 3.1.5 Enteisenung und Entmanganung

Bei allen vier Tiefbrunnen ist zur Behandlung des Rohwassers eine Enteisenung und Entmanganung nötig.

Die Entfernung erfolgt in allen drei Wasserwerken, wie beschrieben, oberirdisch durch Oxidation durch Belüftung mittels Kompressors und anschließender Filtration.

Dieses Verfahren ist erprobt und gut steuerbar, aber es fallen Rückstände an und die nötige Rückspülung erhöht den Eigenbedarf.

Die Enteisenung und Entmanganung kann auch unterirdisch erfolgen (In-situ-Aufbereitung), zumeist durch Belüftung eines Teilstromes des geförderten Wassers und dessen Zurückleiten in den Aquifer, wodurch die Oxidation im Aquifer erfolgt und die Oxidationsprodukte unterirdisch zurückgehalten werden. Problem bei der Verwendung eines Teilstromes ist wieder der eintretende Wasserverlust, der bei den großen Förderhöhen in Bitburg ungünstig ist und dadurch keine oder kaum Einsparungen erzielt.

Wir sehen daher keine Möglichkeit, wirtschaftlich einen Teil der Aufbereitung in-situ durchzuführen.

## 3.2 Energieerzeugungspotenzial

Neben der Möglichkeit, die Energieeffizienz zu steigern, ist auch die Energieerzeugung bzw. Rückgewinnung eine Möglichkeit, den externen Energiebedarf zu reduzieren. Das Handbuch Energieeffizienz/Energieeinsparung in der Wasserversorgung (DVGW-Information Wasser Nr. 77) geht dabei auf die Energiegewinnung durch Wasserturbinen ein und erwähnt die mögliche Nutzung von Abwärme (z. B. der Pumpen).

Aber neben diesen genannten Möglichkeiten gibt es die Möglichkeit, die in den Bereichen der Wasserwerksanlagen vorhandenen erneuerbaren Energien, wie Wind und Sonne, zu nutzen. Dabei sind insbesondere die großen nicht anderweitig genutzten Flächen, welche die Hochbehälter einnehmen, für eine Nutzung als Photovoltaikstandort interessant. Als Windenergieanlagen könnten Kleinanlagen mit einer Gesamthöhe von 10 m (auf Dächern 2 m) eingesetzt werden, welche nach der Landesbauordnung Rheinland-Pfalz (§ 62 (1) Satz 4.f) im Außenbereich und in Industrie- sowie Gewerbeparks genehmigungsfreie Vorhaben sind.

### 3.2.1 Potenzial Photovoltaik

Der Einsatz von Photovoltaikanlagen zur Eigenstromversorgung erfolgt momentan nicht. In Bitburg ist mit einer Stromerzeugung von 900 kWh/kWp bis 1.000 kWh/kWp[21] installierter Leistung zu rechnen. Bei polykristallinen Zellen ist aktuell eine Fläche von 7 m²/kWp bis 8 m²/kWp nötig (für Berechnungen im Rahmen dieser Studie wird konservativ mit 8 m² gerechnet). Dadurch ergibt sich eine mittlere Stromerzeugung pro Jahr von ca. 118 kWh/m². Die Grundstücksflächen der Stadtwerke im Bereich der Brunnen, Hochbehälter und Aufbereitungsgebäude sind über 1 ha groß und somit kann von einem vorhandenen Potenzial ausgegangen werden. Die genauere Betrachtung von möglichen Standorten erfolgt in Kapitel 4.3.1.

### 3.2.2 Energierückgewinnung durch Turbinen

Turbinen können in der Wasserversorgung an unterschiedlichen Orten zum Einsatz kommen, wo ein überschüssiger Druck und ausreichender Durchfluss vorhanden ist. Turbinen erreichen Wirkungsgerade von 80 % bis 95 %.

Wenn der überschüssige Druck aufgrund eines natürlichen Höhenunterschiedes von Wasserquelle und der Lage der Turbine herrührt, handelt es sich um eine erneuerbare Energie und stellt eine tatsächliche Energiegewinnung dar. Falls der Höhenunterschied/Druck vorher durch Pumpleistung erzielt wurde, ist es lediglich eine Rückgewinnung eines Anteiles und in diesem Fall ist der erste Ansatz die Druckerhöhung auf das nötige Minimum zu reduzieren, da eine Turbine zwar Energie zurückgewinnen kann, aber durch den Wirkungsgrad der Pumpen und der Turbine nur teilweise. Infrage kommen Bereiche im Netz, wo eine Druckminderung erfolgt bzw. erfolgen kann und Anlagen, in denen eine Druckleitung in eine offene Wasserhaltung überführt wird, z. B. Hochbehälter.

Für Bitburg wird hier kein großes Potenzial gesehen, da das Rohwasser mittels Tiefbrunnen gewonnen wird und alle aktuell nicht nötigen Drücke durch ein besseres Druckmanagement nicht erzeugt werden sollten. Nach einer entsprechenden Optimierung sollten die noch vorhandenen Durchflüsse mit überschüssigem Druck zu gering für eine wirtschaftliche Nutzung sein.

Am ehesten ist eine Nutzung in den Einläufen der Hochbehälter mit Kleinanlagen denkbar. Die Hochdruckbereiche in der Stadt sind zu vermascht und für den Ortsteil Stahl wird eine eigene Druckerzeugung aus dem Wasserwerk Steinebrück vorgeschlagen und eine Entkopplung vom Stadtnetz durch Schieber. Falls es nicht zu einer Entkopplung kommt, könnte der Einsatz von Rohrturbinen anstelle der Druckminderer geprüft werden.

21 https://www.swt.de/p/Solarkraftwerk_Bitburg_Irsch-54-3661.html?_p_Menu.PK=6983
https://www.pv-ertraege.de/cgi-bin/pvdaten/src/region_uebersichten.pl/kl

### 3.2.3 Wärmeenergie

Die durch die Pumpen erzeugte Wärmeenergie wird nicht aktiv genutzt, senkt aber den Heizbedarf der Aufbereitungsanlagen. Durch die Abwärme der Pumpen und die gleichbleibende Temperatur des Wassers wird die Raumtemperatur in den Anlagen relativ konstant gehalten, sodass kaum Heizenergie im Winter nötig ist. Nur bei den Tiefbrunnen 2 und V gibt es Probleme durch eine zu starke Erhitzung im Sommer.

Die Nutzung von Wärmepumpen sollte bei größeren Neubaumaßnahmen am Gebäude erfolgen, bei welchen auch der Passivhausstandard und die Luftentfeuchtung gemeinsam in die Planung einbezogen werden sollte. Für Einzelmaßnahmen wird anhand der vorhandenen Daten keine wirtschaftliche Grundlage gesehen.

# 4. Optimierungsmaßnahmen

## 4.1 Bereits durchgeführte Maßnahmen

In einigen Bereichen wurden von den Stadtwerken schon Maßnahmen ergriffen, um die Energieeffizienz zu erhöhen. So wurde und wird beim Austausch von Pumpen auf die Anschaffung von energieeffizienteren Modellen geachtet.
Zur Überwachung und Kontrolle der Anlagen wurde ein Datenmanagementsystem eingeführt sowie permanente Messungen wichtiger Parameter.
Die Rückspülung der Filter wurde von einer reinen Wasserspülung auf eine Kombination von Druckluft und Wasser nach aktuellem technischem Standard umgestellt.
Zur Analyse und um vorbeugende Maßnahmen ergreifen zu können, wird eine Schadensstatistik geführt, die es ermöglicht spezifische Wartungs- oder Erneuerungsmaßnahmen durchzuführen.

## 4.2 Maßnahmen zur Energieeinsparung

Den größten Anteil am Energieverbrauch haben die Tiefbrunnenpumpen, weshalb der Wirkungsgrad der Pumpen, ihr möglichst optimaler Betrieb und eine hydraulisch günstige Netzeinspeisung mit möglichst geringen Reibungs- oder gar Druckminderungsverlusten der erste Ansatzpunkt bei einer energetischen Betrachtung ist.

Weiterhin sollten Wasserverluste so weit wie möglich verringert werden, da für das Fördern und Aufbereiten Energie durch das Wasser verloren geht. Hier halten wir mit einem Bündel an Maßnahmen (Netzüberwachung, Druckmanagement, Inspektionsstrategie etc.) 5 % Verlust für erreichbar. Neben den Rohrnetzverlusten stellt auch Spülwasser eine Art des Wasserverlustes dar, die reduziert werden sollte. Die Rohrnetzverluste und das Spülwasser werden je in eigenen Kapiteln behandelt.

### 4.2.1 Wasserverluste durch Leckagen minimieren

Wasserverteilungsanlagen unterliegen äußeren und inneren Einwirkungen, die sowohl die Hygiene als auch Versorgungssicherheit gefährden können. Aus wirtschaftlichen Gründen ist sowohl eine lange Nutzungsdauer der Bauteile erstrebenswert wie auch das Vermeiden von Wasserverlusten, welche zum einen einen wirtschaftlichen Verlust darstellen, zum anderen durch einen damit einhergehenden Druckabfall die Versorgungssicherheit gefährden. Weiterhin können Leckagen durch Ausspülung des Rohrbereiches zu einer Vergrößerung des Schadens bis hin zum Rohrbruch und damit Totalversagen führen.

Daher sind eine ständige Überwachung und Instandhaltung des Netzes zwingend erforderlich.

Eine Schadensbeseitigung nach der Ausfallstrategie (Instandhaltung nur als Reaktion auf Schäden) ist mit den langfristigen Zielen eines Trinkwasserversorgers nicht vereinbar!

Eine intervallorientierte Instandhaltung bei den Maßnahmen in definierten Zeitabständen, ohne den Ist-Zustand zu beachten, ist zumeist wenig wirtschaftlich. Nach DVGW W 400-3[22] ist die Strategie der Wahl

[22] Technische Regel Wasserverteilungsanlagen DVGW W 400-3 September 2006 Betrieb und Instandhaltung

eine Instandhaltung nach Inspektionsstrategie. Diese Instandhaltungsstrategie soll sich an einem festgestellten Ist-Zustand und an den Entwicklungstendenzen der Anlagen im Vergleich zu einem definierten Soll-Zustand orientieren (siehe DVGW W 392 (A)). Um das zu erreichen, muss eine Inspektionsstrategie entwickelt werden, die schon bei Bau und Planung der Anlagen ansetzt.

Die wichtigste Grundlage ist dabei eine sorgfältige und systematische Dokumentation. Es bietet sich an, alle Daten und Grundlagen durch ein Netzinformationssystem zu erfassen.

Gültige Regeln für die Inspektion und Wartung:

- Inspektion und Wartung der Verteilungsanlagen gemäß DVGW W 392 (A)
- Für die Inspektion und Wartung von Druckerhöhungsanlagen (DEA) gelten die Regeln nach DVGW W 614 M.[23]

Rehabilitation:

Eine Sanierung oder Erneuerung ist zur Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit immer dann durchzuführen, wenn eine Instandsetzung mittels Reinigung oder Reparatur versorgungstechnisch nicht mehr vertretbar bzw. technisch oder wirtschaftlich nicht mehr sinnvoll ist.

Art und Umfang der Rehabilitation wird vorrangig durch die Höhe und Entwicklung der durchschnittlichen Schadensrate bestimmt. Hohe durchschnittliche Schadensraten bedingen hohe Reha-Raten.

Eine Schadensstatistik sollte verknüpft mit einem Geografischen Informationssystem (GIS) geführt werden. Dadurch können Rückschlüsse auf den Zustand bestimmter Rohnetzabschnitte gezogen werden. Mit der Erfassung von Rohrwerkstoff und Alter kann eine Schadensprognose erstellt werden, die bei Rehabilitationsplanungen berücksichtigt werden sollte.

Im Zuge der Planung von Sanierungs- und Erneuerungsmaßnahmen sind die Festlegungen in DVGW W 400-1 (A)[24] zu beachten.

Eine Wassermengenmessung ist zur Überwachung von Verteilungsanlagen (teilweise in Verbindung mit Druckmessungen) erforderlich. Sie dient der

- Ermittlung der Leistungsfähigkeit
- Ermittlung von Wasserverlusten siehe DVGW W 392 (A)
- Früherkennung von Rohrschäden
- Datengewinnung für Netzsimulationen

Wassermengenmessungen liefern auch Bemessungswerte für die richtige Dimensionierung der Anlagen zur Gewinnung, Aufbereitung, Förderung, Speicherung und Verteilung von Wasser.

Daraus ergibt sich für die Stadtwerke Bitburg:

---

23 Technische Regel Instandhaltung von Pumpensystemen DVGW W 614 (A)

24 Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen - Arbeitsblatt DVGW W 400-1 (A) Teil 1: Planung

- Um die Laufzeit von Leckagen zu minimieren, empfiehlt der DVGW die Dichtheit von Rohrnetzen kontinuierlich oder in periodischen Abständen zu überwachen (Einspeise- und Abgabemengen).
- (akustische oder hydraulische) kontinuierliche messtechnische Überwachung, dadurch deutlich Laufzeitverkürzung.

Für eine weitere Verringerung der Wasserverluste ist die Einrichtung von Messzonen und die kontinuierliche Auswertung der erhobenen Daten mittels spezieller Software zur Eingrenzung von Leckagen nötig.

Für die genaue Anzahl und Positionierung der Messsensoren im Versorgungsbereich der Stadtwerke Bitburg ist sowohl die Art der Messung sowie das zugrundeliegende Rechennetzmodell entscheidend. Für die Ortung von Leckagen über Durchflussänderungen und deren Auswertung wird eine Anzahl von etwa 15 zusätzlichen Durchfluss-Messstellen abgeschätzt. Ein hydraulisches Rechennetzmodell ist vorhanden und könnte für eine Optimierung der Standortwahl eingesetzt werden.

Das System sollte möglichst viele Daten kontinuierlich überwachen und bewerten, neben den Netzdurchflüssen zur Leckagesuche sind u. a. auch die Leistungsaufnahme der Tiefbrunnenpumpen und deren Durchflüsse wichtige Parameter, die immer überwacht werden sollten, um Störungen der Pumpen frühzeitig zu erkennen.

**Kostenschätzung/Wirtschaftlichkeit:**

Die Kosten der jeweiligen Systeme sind abhängig von der genutzten Technik und der sich daraus ergebenden Sensordichte und Standorten. Da diese nicht vorher bestimmt werden können und die Kosten für Software und Serviceleistungen anbieterabhängig sind, kann hierfür keine vergleichende Kostenabschätzung durchgeführt werden. Hierfür ist das Einholen mehrerer Angebote nötig.

Das Angebot einer Fachfirma für Netzüberwachung vom April 2019 liegt den Stadtwerken vor.

Wenn, wie gehofft, die Verluste von derzeit knapp 10 % auf 7 % oder gar 5 % reduziert werden können, ergeben sich Einsparungen bezogen auf die Werte von 2019 von:

Tabelle 12 Einsparungen bei Reduktion des Wasserverlustes

| Wasserverlust [%] | Wasserverlust [m³] | Reduktion zu Ist-Stand [m³] | Energieäquivalent Einsparung [kWh] | Einsparung in €/a bei Kosten von 20 ct/kWh |
|---|---|---|---|---|
| 10 | 116 627 | - | - | - |
| 7 | 81 639 | 34 988 | 34 509 | 6 902 |
| 5 | 58 313 | 58 313 | 57 515 | 11 503 |

Zusätzlich erhöht sich durch eine bessere Überwachung die Versorgungssicherheit, da Probleme schneller erkannt werden.

### 4.2.2 Wasserverluste in Form von Spülwasser minimieren

Nach Angaben der Werke wurden im Jahr 2018 zur Spülung gesamt 17 600 m³ Wasser verbraucht. Das entspricht 1,5 % der gesamten Wassergewinnung. Dieser Verbrauch kann untergliedert werden in:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Spülungen Alte Kaserne Mötscher Straße | (30 m³/Monat) | = | 360 m³/a |
| Spülungen US-Wohnsiedlung | (120 m³/Monat) | = | 1 440 m³/a |
| Spülungen Bedhard | (220 m³/Monat) | = | 2 640 m³/a |
| Spülungen VW Flugplatz | (130 m³/Monat) | = | 1 560 m³/a |
| Filtration und Uranfilter | | = | 11 960 m³/a |

Bei den leerstehenden Kasernen und Flugplatzbereichen sollte geprüft werden, welche Bereiche komplett vom Netz genommen werden können, da neben der Wassermenge zum Spülen auch Trinkwasser durch Leckagen in den großen Arealen verloren geht. Eine andere Möglichkeit ist eine dauerhafte Durchströmung der entsprechenden Bereiche. Ein Konzept hierzu ist, die Druckerhöhungsanlage Mötsch zu optimieren und die aktuelle Versorgungssituation komplett zu ändern.

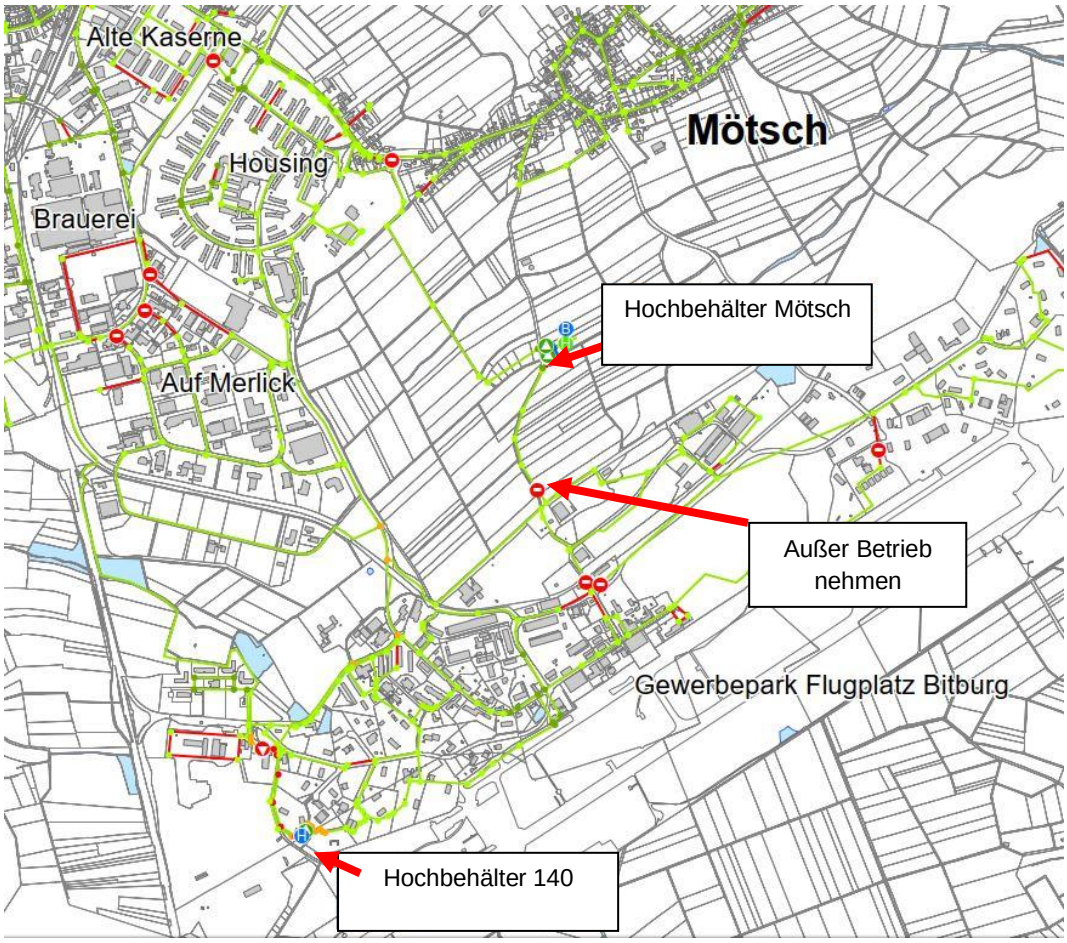



Abbildung 33 Plan Netzbereich Mötsch

Die Druckerhöhungsanlage Mötsch wird dabei nicht mehr als ständige Druckerhöhung in das Netz, sondern nur noch zur Förderung des Wassers vom Hochbehälter Mötsch zum Hochbehälter 140 genutzt. Die direkte Netzverbindung von der Druckerhöhungsanlage Mötsch zum Flugplatz und die dazugehörigen sechs Pumpen in der Druckerhöhungsanlage Mötsch werden außer Betrieb genommen und können als Reserve vorgehalten werden. Der Hochbehälter 140 wird nur noch durch die Housing befüllt. Das gewährleistet einen guten Durchfluss in der Housing und würde eine Spülung unnötig machen.

Der Bereich Bedhard wurde zurückgebaut. Die Hauptleitung in Richtung Bedhard bleibt bestehen, da sie die Verbindung zum Hermesdorfer Wassernetz bildet.

### 4.2.3 Filterspülwasser und Erstfiltrat

Der Verlust von Filterspülwasser erhöht sowohl den Energieverbrauch als auch die entsprechende Abwassermenge. Daher sollte immer eine Minimierung des anfallenden Abwassers angestrebt werden. Zum Erreichen des Zieles gibt es mehrere Möglichkeiten. Insbesondere die Optimierung des Spülvorganges und die Klarwasserrückführung sind hier zu nennen.

Die Rückspülmengen belaufen sich gesamt auf ca. 13 000 m³/a und damit auf ca. 1 % der Wassergewinnung. Bei einer einfachen Rückführung über einen Abzugsschwimmer sind nach Untersuchungen von TOBIASON ET AL. (2003)[25] bei einem Rückführungsanteil in Höhe von 20 % keine Auswirkungen auf die Filtratqualität zu erwarten. Hingegen wurde aber festgestellt, dass sich die Ablauftrübung der Sedimentationsanlagen leicht erhöhte.

Nach WILHELM S. 2008[26] werden Kiesfilter meist automatisiert durch Rückspülung über eine Intervall- oder Ereignissteuerung regeneriert. Die Intervallsteuerung realisiert normalerweise die minimal notwendige Regeneration. Diese sollte zweimal wöchentlich erfolgen, um einer biologischen Verkeimung des Filters entgegenzuwirken. Die ereignisgesteuerte Regeneration erfolgt anhand des Differenzdruckes zwischen Filtereingang und Filterausgang, wenn ein festgelegter maximaler Differenzdruck erreicht ist. Normalerweise wird ab einer Erhöhung des Filterwiderstandes von 0,5 bar eine Regeneration ausgelöst. Das heute vorherrschende Standardverfahren ist mit einer getrennten Spülung von Luft und Wasser in drei Phasen. Dabei wird z. B. über 3 min. eine Menge von 60 m³/h bis 90 m³/h je m² Filterfläche, bei einem Druck von 1,0 bar eingetragen. Die eingetragene Luft bewirkt eine Bewegung im Filterbett, bricht Verklebungen, Verdichtungen und den Filterkuchen auf und macht sie somit ausspülbar. Über 5 min. werden danach bei einer Spülgeschwindigkeit von 3 m³/h je m², die abgelösten Trübstoffe mit Wasser ausgespült.

Die Druckverluste an den Filtern sind material- und laufzeitabhängig, wobei die Zusammensetzung des jeweiligen Rohwassers maßgeblich ist. Für eine optimale energetische Planung müssten zusätzliche Daten erhoben bzw. eine Fachfirma zu Rate gezogen werden.[27]

---

25 Tobiason, J. E., Edzwald, J. K., Gilani, V., Kaminski, G. S., Dunn, H. J., und Galant, P. B. (2003) Effects of waste filter backwash recycle operation on clarification and filtration. J Water SRT – Aqua 52:259-275.

26 ISBN 978-3-540-68887-7 Wasseraufbereitung 2008

27 http://www.sbf-online.com/media/pdf/sms2014/sbf_filtermaterialien.pdf

Da der Druckverlust der Filter variiert und man dieselben Durchflussmengen haben möchte, ist eine Steuerung der Druckhöhe der Pumpen eine Möglichkeit, das System immer in einem energieeffizienten Optimum laufen zu lassen, wofür eine zentrale Überwachung und Steuerung nötig ist. Falls eine Anpassung der Pumpen an geänderte Druckverluste nicht möglich ist, kann ein etwaiger Mehrdruck beim Einlauf in den Hochbehälter mittels einer Turbine zumindest anteilig zurückgewonnen werden.

Filtergeschwindigkeiten: Bei reinen Sandfiltern betragen diese 4 m/h bis 10 m/h in Ausnahmefällen 16 m/h, bei Hochleistungsgranulaten 12 m/h bis 15 m/h und nur selten mehr als 18 m/h.

#### 4.2.3.1 Optimierung Filterrückspülung

Das normale Verfahren zur Wiederherstellung der Filterwirksamkeit ist die Filterspülung. Zur Reduktion der Rückspülmenge sollte die Spüldauer nicht unnötig lang sein und kein zu kurzes Spülintervall gewählt werden. Das Spülintervall der Wasserwerke Bitburg wird, wie allgemein üblich, anhand des Differenzdruckes (Filterwiderstand) festgelegt, durch den bestimmt wird, wie stark beladen die Filter sind.

Derzeitiger Stand der Technik bei der Rückspülung, welche die Menge des nötigen Rückspülwassers gegenüber einer reinen Wasserspülung reduziert, ist die Unterstützung der Rückspülung über das Einblasen von Druckluft. Dabei erfolgt die Spülung in drei Phasen. In der ersten Phase wird das Kiesbett mit Druckluft aufgelockert, in Phase zwei erfolgt die Spülung mit einem Wasser-Luft-Gemisch und in Phase drei wird nur mit Wasser klargespült. Die Umstellung des Spülvorganges von nur Wasser auf eine Kombination mit Druckluft ist bereits erfolgt.

Bei Doppelanlagen hat sich auch eine Kreuzschaltung bewährt. Dadurch können Filter hintereinander geschaltet werden, was es ermöglicht, zum einen die Reinigungsleistung zu erhöhen, aber auch Erstfiltrat direkt als Rohwasser über einen zweiten Filter (Polizeifilter) laufen zu lassen und so den Verlust zu reduzieren. Der optimale Filterbetrieb muss auf die Filter und das Rohwasser angepasst werden und sollte mithilfe des Anlagenbauers erfolgen, da diese Optimierung nur mit langer Erfahrung der spezifischen Filter möglich ist.

Grundsätzlich kann, wenn es die Anlagen zulassen, ein Filter länger befahren werden, wenn er mit einem höheren Druck beaufschlagt wird, aber auch die nötige Druckerhöhung braucht zusätzliche Energie.

Bei der Rückspülung wird zwischen einer Brunnenwasserrückspülung, einer Rückspülung über einen Kiesfilter oder mittels eigener Druckerhöhung aus einer Klarwasservorlage unterschieden.

Die Rückspülung mittels Brunnenwasser führt zur Verschmutzung der unteren Grobschicht des Filters, wodurch eine Klarspülung nach der Regeneration durchgeführt werden muss und so zu höheren Wasserverlusten führt. Die Rückspülung über einen Kiesfilter ist meist problematisch, da die nötige Rückspülmenge größer als die Fließgeschwindigkeit ist, für welche die Filter ausgelegt sind, wodurch ein Überfahren des Filters nötig ist. Ein Überfahren beeinträchtigt die Wasserqualität und im Zeitraum der Rückspülung steht kein Wasser zur betrieblichen Versorgung zur Verfügung. Eine **Klarwasservorlage mit Pumpe** ist meist betrieblich und ökonomisch die bessere Wahl.

Die Erklärung der Stadtwerke für die deutlich größeren Rückspülmengen im Wasserwerk Königswäldchen ist, das im Wasserwerk Königswäldchen die Filter einen maximal zulässigen Betriebsdruck von 2 bar haben, während in Mötsch und Steinebrück 4 bar zulässiger Betriebsdruck möglich sind und die Filter im Wasserwerk Königswäldchen dadurch deutlich häufiger gespült werden müssen und länger, da ein Überfahren nicht möglich ist und somit die nötige Rückspülmenge nicht erreicht wird. Hier ist eine Umrüstung auf eine Spülung über Pumpe aus den Hochbehältern/einer Klarwasservorlage zu empfehlen, um die Rückspülmenge zu reduzieren und den Pump- und Filterbetrieb zu vergleichmäßigen.

Die Rückspülmenge von 11 960 m³/a im **WW Königswäldchen** entspricht 11 347 kWh, welche für die Förderung und Aufbereitung nötig sind (spezifischer elektrischer Energiebedarf 0,95 kWh/m³, siehe Kapitel 2.5.1). Würde die Anlage genauso effizient arbeiten wie die Rückspülung in Mötsch, würden nur noch 1 737 m³ Rückspülwasser gebraucht und somit könnten jährlich 10 223 m³ Wasser eingespart werden. Das entspricht 9 699 kWh und bei einem Strompreis von 20 ct/kWh einer Kosteneinsparung von 1 940,00 € jährlich.

Da die Filter sich am Lebensende ihrer Betriebszeit befinden, wäre bei einem entsprechenden Umbau auch ein Austausch der Filter sinnvoll. Hierbei könnte auch die Ableitung des Rückspülwassers in ein geschlossenes System umgebaut werden, um die Luftfeuchtigkeit im Wasserwerk zu verringern und gegebenenfalls nachgelagert eine Klarwasserrückführung zu ermöglichen.

#### 4.2.3.2 Klarwasserrückführung

Die Rückführung von Filterspülwasser in den Aufbereitungsprozess senkt den Eigenbedarf des Wasserwerkes und die entstehenden Abwassermengen. Die Klarwasserrückführung ist nach DVGW-Arbeitsblatt 221-1[28] im Sinne des Minimierungsgebotes immer zu prüfen. Klarwasser aus der Behandlung schlammhaltigen Filterspülwassers kann grundsätzlich zurückgeführt werden. Bedingung für die Rückführung ist eine separate Erfassung, so dass die Herkunft definiert und unbedenklich ist und eine nachteilige Beeinflussung der Trinkwasserbeschaffenheit jederzeit ausgeschlossen werden kann. Die Rückführung muss vor die partikelabtrennende Stufe erfolgen.

Bei den Anlagen Mötsch und Steinebrück, wo die Absetzbecken sich im Nahbereich der Aufbereitung befinden und es sich um abgeschlossene Becken handelt, erscheint eine Ertüchtigung der Absetzbecken und Aufbereitungsanlagen als möglich. Dazu müsste neben der Rückführung des Klarwassers auch eine neue Zuführung des Filterrückspülwassers erfolgen, da dieses teilweise in einer offenen Rinne im Gebäude verläuft. Anderenfalls würde das Wasser als Wassertyp 2 nach DVGW W 221-4 gewertet und in der Aufbereitung müsste eine UV-Desinfektion oder Mikrofiltration plus Flockung erfolgen.

Das offene Absetzbecken des Wasserwerkes Königswäldchen eignet sich sowohl von seiner Lage als auch seinem Aufbau nicht zur Umrüstung für eine Wasserrückführung. Hier müsste ein entsprechender Neubau im Bereich der Wasseraufbereitung erfolgen. Dies sollte insbesondere geprüft werden, wenn eine Renovierung/Neubau oder die Änderung der Einleiterlaubnis erfolgt.

[28] Technische Regel - Arbeitsblatt DVGW W 221-1 (A) Rückstände und Nebenprodukte aus Wasseraufbereitungsanlagen Teil 1: Grundsätze für Planung und Betrieb

### 4.2.4 Pumpenoptimierung Tiefbrunnenpumpen

Das **Wasserwerk Steinebrück** könnte eine deutlich bessere Energieeffizienz haben, wenn die Pumpe auf einen Förderstrom von 50 m³/h und eine Druckhöhe von ca. 115 m bemessen würde. Aktuell beträgt die Förderhöhe bis OK Brunnen 89 m, die Druckerhöhung aber 140 m. Von den 51 m Differenz ist ein Teil noch Erhöhung bis zu den Filtern und ein Teil Reibungsverluste.

Dadurch läuft die Tiefbrunnenpumpe nicht im optimalen Betriebsbereich, um wieviel dabei die Energieeffizienz tatsächlich schlechter ist, könnte nur durch Vergleichsmessungen im Betrieb ermittelt werden.

Die Tiefbrunnenpumpe soll aber für einen Förderstrom von 85 m³/h und der damit deutlich größeren AW-Absenkung ausgelegt bleiben.

Zusätzlich wird im Rahmen des Druckmanagements für die Netzeinspeisung von Stahl eine zweite Pumpengruppe vorgeschlagen, die ein geringere Druckhöhe als das Stadtnetz bedient und eine Klarwasserrückführung.

Im **Wasserwerk Königswäldchen** ist eine Optimierung des Tiefbrunnenbetriebes durch Umrüstung der Filteranlage auf eine Rückspülung über eine **Klarwasservorlage mit Pumpe** (siehe 4.2.3.1) möglich, wodurch die Tiefbrunnenpumpe konstant betrieben werden kann.

Allgemein ist die derzeitige Steuerung der Pumpen nicht auf optimale Betriebszustände, sondern auf Zeiten und Durchflussmengen ausgelegt und hat eine Anpassung im 15 min.-Takt. Eine Anpassung der Pumpensteuerung zur Vergleichmäßigung des Pumpenbetriebes über eine bessere Ausnutzung der Hochbehälterkapazitäten könnte deutliche Wirkungsgradverbesserungen bringen. Ziel muss es sein, die Pumpen möglichst lange gleichmäßig nahe des Wirkungsoptimums zu betreiben.

## 4.3 Maßnahmen zur Energieerzeugung

### 4.3.1 Einsatz von Photovoltaik zur Eigenstromversorgung

Im Rahmen der Studie soll der Einsatz von Photovoltaikanlagen zur Stromerzeugung, insbesondere für den Eigenbedarf, geprüft werden. Zu beachten ist dabei insbesondere, dass die Versorgungssicherheit gewährleistet werden muss. Die Steuerung der Pumpen, welche den größten Anteil am Stromverbrauch haben, sollte dabei autonom auf die Stromerzeugungssituation reagieren können, sodass auch ungeplant in Zeiten eines großen Dargebotes die Speicherbecken gefüllt werden können.

Als Standorte kommen insbesondere die Brunnenhäuser TB V und TB 2 in Form einer Beschattung der Anlagen sowie die Dächer der Aufbereitungsgebäude, der Hochbehälter 140 und Mötsch infrage.

TB V ist von den aufgezählten Standorten der schlechteste in Bezug auf Photovoltaik, da dieser im Taleinschnitt liegt und insbesondere in den Morgenstunden sehr lange im Schatten der anliegenden Hanglage liegt. Er wurde mit aufgenommen, da sich eine Anlage im Rahmen einer geplanten Beschattung trotzdem lohnen würde und auch hierbei der größte Stromverbrauch für Kühlung auftritt, wenn die Sonne auf die Brunnenanlage scheint.

Der Standort Hochbehälter Mötsch hat die größte Gesamtfläche von ca. 1 200 m², von denen über 300 m² ohne größere Einschränkungen für den Betrieb und die Sicherheit sowie mit einer südlichen Ausrichtung der Anlagen für Photovoltaik genutzt werden können.

Auf dem Dach der Aufbereitungsanlage Mötsch sind mit südlicher Ausrichtung etwa 40 m² Fläche vorhanden, auf dem Hochbehälter 140 etwa 200 m². Die Tiefbrunnen TB 2 und TB V haben je eine Dachfläche von ca. 12 m², wobei bei einer Beschattung in Form eines "Carports" Flächen von 20 m² bis 25 m² sinnvoll erscheinen. Dabei muss beachtet werden, dass ca. 3 m² für ein Dachschiebefenster zur Brunnenmontage abgezogen werden muss.

Abbildung 34 Luftbild Mötsch

Abbildung 35 Luftbild HB 140 und Aufbereitung Mötsch

Die Dachformen und Beschattung der im Wald liegenden Anlagen von Königswäldchen scheinen weniger gut geeignet. Insgesamt würde sich demnach eine Fläche von ca. 580 m² ergeben. Dies entspricht einer theoretischen jährlichen Stromerzeugung von ca. 70 000 kWh und damit immerhin knapp über 5 % des Jahresverbrauches der Trinkwasserversorgung von Bitburg.

Tabelle 13 Flächenpotenzial Photovoltaik

| Bereich | angenommenes Flächenpotenzial [m²] | Ca. durchschnittliche jährliche Leistung [kWh] |
|---|---|---|
| TB und HB Mötsch | > 300 | 35 400 |
| HB 140 | 200 | 23.600 |
| TB 2 und TB V | je 20 | je 2 360 |
| Aufbereitung Mötsch | 40 | 4 720 |
| Summe | 580 | 68 440 |

Die Gesamt-Leistung entspricht etwa 72,5 kWp für die kleinen Anlagen. Auf den TB und der Aufbereitungsanlage kann mit bei Einzelausschreibungen mit ca.1 450 €/kWp gerechnet werden, also 3 625,00 € TB bzw. 7 250 € Mötsch.

Nach dem Photovoltaik-Rechner der Energieagentur NRW[29] ergibt sich für die Gesamtfläche bei einer Nutzfläche der Anlage von 534 m² und einer aktuellen durchschnittlichen Leistung pro Modul von 270 Wp und gesamt 90 kWp ein Jahresertrag von 73 908 kWh bei Investitionskosten von 130 500,00 € (konservativ mit 1 450,00 €/kWp). Betriebskosten sind mit 2 % eingeplant und ein aktueller Strompreis in Bezug von 20 Cent/kWh. Bei der Aufnahme eines Kredites in Höhe von 100 000,00 € mit einer Verzinsung von 2 % über 10 Jahre ergibt sich eine Amortisation der Anlage nach 13 Jahren. Bei aktuellen Photovoltaikanlagen wird mit einer Lebensdauer t < 20 a gerechnet (Garantien liegen mittlerweile im Bereich von 20 Jahren bis 25 Jahren, weshalb höhere Lebensdauern angenommen werden können). Problematisch könnten hier die aktuellen Regeln in Bezug auf Steuern sein, aber da im Bereich der Abwasseranlagen aktuell schon viele Photovoltaikanlagen verbaut sind, fällt zumindest kaum zusätzlicher Personalaufwand im Verwaltungsbereich an. Mit den gewählten Parametern ergibt sich nach 20 Jahren eine Einsparung von 95 000,00 € und nach 25 Jahren von 159 000,00 €. Durch Steuern, wie EEG und Umsatzsteuer, wird dieser Betrag aber erheblich geschmälert.

Bei einer Laufzeit von 20 Jahren ist mit einem Gesamtertrag von ca. 1,4 Mio. kWh zu rechnen, was mit dem durchschnittlichen Strommix von 2018 663,6 Tonnen $CO_2$ entspricht. Aus Photovoltaikanlagen wird derzeit mit einen $CO_2$-Ausstoß von 50 g/kWh gerechnet. Damit ergeben sich 70 t $CO_2$ in 20 Jahren, womit 590 t $CO_2$ weniger ausgestoßen werden.

29 https://www.energieagentur.nrw/tool/pv-rechner/
D:\Projekte\2020028\02_Grundlagen\PV-Anlage Berechnung

## 5. Maßnahmen und Priorisierung

Aus den in den vorhergehenden Kapiteln beschriebenen Maßnahmen werden die folgenden als umsetzbar und prioritär angesehen:

### 1. Zentrales Datenmanagement-/Überwachungssystem und deutliche Ausweitung der online-Messungen von Leistungsaufnahme und Durchfluss der Pumpen sowie Netzüberwachung

Im Sinne des Risiko- und Prozessmanagements ist eine regelmäßige Überwachung ausgewählter Parameter unerlässlich. Zur Optimierung der Prozesse und um Störfälle schneller zu erkennen und entsprechend reagieren zu können, ist eine kontinuierliche Messung mittels Online-Messtechnik Stand der Technik, wodurch auch Außeneinsätze eingespart werden können. Dabei sind insbesondere die Netzüberwachung im Rahmen der Störfallerkennung und des Wasserverlust-Managements sowie wichtiger Anlagenteile, z. B. die Tiefbrunnenpumpen, sinnvolle Bereiche, die dauerhaft überwacht werden sollten. Bei den Pumpen bzw. Pumpengruppen sollte der Durchfluss und die Leistungsaufnahme kontinuierlich vom System überwacht werden, da so Probleme, wie der Störfall bei TB V, frühzeitig erkannt und entsprechend reagiert werden kann (keine reine Datensammlung, sondern spezielle Datenanalyse nötig).

Die Stadtwerke haben mit dem Einbau induktiver Durchflussmesser begonnen und momentan 12 Stück im Bereich der Anlagen verbaut. Für eine effektive Überwachung des ca. 190 km langen Leitungsnetzes, sodass eine gute räumliche Einordnung von Leckagen erfolgen kann, sind deutlich mehr Durchflussmesser nötig.

Ein zentrales Management und Datenbanksystem, welches die erhobenen Daten auswerten und Rückschlüsse auf Störungen, Leckagen etc. ziehen und diese verorten kann, muss noch angeschafft werden. Ein solches System ist auch nötig, um die Pumpen - abhängig von einer in Maßnahme 2. vorgeschlagenen Eigenenergieerzeugung mittels Photovoltaik und den Pumpenwirkungsgraden sowie einem möglichst gleichmäßigen Pumpenbetrieb - optimal zu steuern.

### 2. Eigenenergieerzeugung

Nutzung der vorhandenen Freiflächen mit hoher Strahlungsintensität (wenig Beschattung und südliche Ausrichtung) zur Stromerzeugung mittels Photovoltaik. Wie unter 4.3.1 dargestellt, sind selbst bei einem konservativen Ansatz zur nutzbaren Fläche mit Anlagen in den Bereichen TB V, TB 2, Wasserwerk Mötsch und Hochbehälter 140 ca. 5 % Eigenversorgung bei den aktuellen Verbräuchen möglich. Da die Werke ihren Stromverbrauch über Füll- und Entleerzeiten der Hochbehälter teilweise steuern können und die größten Wasserabnahmemengen auch im Bereich des größten Ertrages der Photovoltaikanlagen liegen (tags, Sommer, trocken, sonnig), könnten die Anlagen zum ausschließlichen Eigenverbrauch errichtet werden.

## 3. Änderung Filterrückspülung WW Königswäldchen

Das Wasserwerk Königswäldchen hat einen deutlich höheren Rückspülwasserbedarf als die beiden anderen Wasserwerke, da die Rückspülung über die Tiefbrunnenpumpen und Filter ausgeführt wird. Dadurch kommt es zusätzlich zum Überfahren der Filter und einem nicht optimalen Tiefbrunnenbetrieb. Außerdem sind Trockenläuferpumpen grundsätzlich energieeffizienter im Optimalbetrieb als Nassläufer-Pumpen. Daher sollte die Filterrückspülung zukünftig über eine separate Pumpe aus dem Hochbehälter oder einer gesonderten Klarwasservorlage erfolgen. Im Zuge der Umbaumaßnahmen sollte die Spülwasserableitung in ein geschlossenes System überführt werden, um die Luftfeuchtigkeit im Gebäude zu reduzieren und gegebenenfalls eine zukünftige Klarwasserrückführung zu ermöglichen.

## 4. Druckmanagement

Derzeit gibt es im Versorgungsnetz von Bitburg durch seine Vermaschung und die topografischen Gegebenheiten sehr unterschiedliche Versorgungsdrücke. Problematisch sind dabei der sehr niedrige Versorgungsdruck von teilweise unter 2 bar in Bereichen der Innenstadt und die sehr hohen Drücke im Bereich Stahl, Albachstraße/Klärwerk und Erdorf von über 7 bar (im Bereich Stahl bis 10 bar). Für den Stadtteil Stahl würde sich eine Abkopplung vom restlichen Stadtnetz mittels Schieber anbieten, sodass anstelle der derzeit verbauten zwei Druckminderer und zwei nur leicht geöffneten Schieber (um Stagnation zu vermeiden) ein einzelner Versorgungsbereich vom Wasserwerk Steinebrück aus mit 5 bar anstelle der derzeitigen 11 bar erfolgen kann. Für Störfälle sollten die Verbindungsleitungen erhalten werden, um eine Versorgung aus dem Stadtnetz auch weiterhin gewährleisten zu können.

Um eine Versorgung des Stadtnetzes vom Wasserwerk Steinebrück weiterhin zu gewährleisten, müsste die Wasserleitung, welche von der Straße "Auf Paulskreutz" kommt, von Mühlenberg 6 aus mit einer zweiten Leitung an das Wasserwerk Steinebrück angeschlossen werden (ca. 50 m). Danach könnte eine Pumpe den Bereich Stahl mit 5 bar versorgen und eine zweite das Stadtnetz weiter mit 11 bar im Notfall, da grundsätzlich die Wasserversorgung der Innenstadt vom Wasserwerk Königswäldchen aus erfolgen sollte.

## 5. Klarwasserrückführung

Derzeit wird ca. 1 % bis 1,5 % des aufbereiteten Trinkwassers intern für die Rückspülung der Filter benötigt. Die so verlorene Wassermenge kann über eine Klarwasserrückführung je nach Verfahren und Absetzverhalten um 10 % bis 40 % (normalerweise ca. 20 % Rückführung) verringert werden. Bei den dafür nötigen Umbaumaßnahmen würde auch die offene Wasserableitung in den Aufbereitungsbereichen wegfallen, sodass nötige Maßnahmen für Luftentfeuchtung und Schadensbeseitigung von Feuchtigkeitsschäden durch Kondenswasser verringert werden.

## 6. Sanierungsstrategie

Es sollte eine Sanierungsstrategie anhand der erhobenen Schäden und deren Auswertung (Inspektionsstrategie) erarbeitet werden. Mit flexiblen Regeln, die zulassen, bei wirtschaftlich guten Gelegenheiten, z. B. im Zuge anderer Bauarbeiten, abweichend von der erwarteten Lebensdauer

frühzeitig Maßnahmen veranlassen zu können. Unterschiedliche Infrastrukturmaßnahmen sollten grundsätzlich immer so weit wie möglich koordiniert erfolgen.

## 7. Leitungswiderstand

Ein wichtiger Faktor in der Energieeffizienz ist der Leitungswiderstand. Es sollte kontinuierlich versucht werden, diesen bei Erneuerungen zu verringern. Hierzu bietet es sich an, dies in einer zu erstellenden Strategie für den Netzunterhalt zu berücksichtigen (siehe Kapitel 3).

**Aufgestellt:**

**igr GmbH**
**Luitpoldstraße 60a**
**67806 Rockenhausen**

Rockenhausen, im September 2020

i.A. M.Sc. D. Raudonat

i.V. Dipl.-Ing. S. Seiffert

## Anhang 1 Energieverbrauch 2013 bis 2019

| Anlagen | 2013 | | 2014 | | 2015 | | 2016 | | 2017 | | 2018 | | 2019 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | kWh | Anteil [%] | kWh | Anteil [%] | kWh | Anteil [%] | kWh | Anteil [%] | kWh | Anteil [%] | kWh | Anteil [%] | kWh | Anteil [%] |
| DEA Messenweg | 7 858 | 0,7 | 5 762 | 0,5 | 5 793 | 0,5 | 5 800 | 0,5 | 6 886 | 0,6 | 6 660 | 0,5 | 6 777 | 0,5 |
| DEA Südring (außer Betrieb) | 1 138 | 0,1 | 1 163 | 0,1 | 0 | 0,0 | | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| HB und DEA Patriot | 10 639 | 0,9 | 11 822 | 1,1 | 9 744 | 0,8 | 9 800 | 0,8 | 15 474 | 1,3 | 14 516 | 1,2 | 9 856 | 0,7 |
| HB Badem | 5 209 | 0,5 | 5 811 | 0,5 | 5 325 | 0,4 | 5 500 | 0,5 | 3 605 | 0,3 | 4 019 | 0,3 | 4 798 | 0,4 |
| HB Erdorf | 726 | 0,1 | 748 | 0,1 | 725 | 0,1 | 750 | 0,1 | 721 | 0,1 | 721 | 0,1 | 822 | 0,1 |
| Wasserwerk KöWä | 554 305 | 48,4 | 590 479 | 53,1 | 614 092 | 51,5 | 657 287 | 54,2 | 620 863 | 51,0 | 669 461 | 54,5 | 647 589 | 48,8 |
| Wasserwerk Steinebrück | 169 107 | 14,8 | 170 014 | 15,3 | 271 374 | 22,7 | 256 337 | 21,2 | 127 577 | 10,5 | 166 023 | 13,5 | 276 517 | 20,8 |
| Wasserwerk Mötsch | 355 850 | 31,1 | 284 703 | 25,6 | 241 436 | 20,2 | 234 211 | 19,3 | 399 936 | 32,8 | 325 707 | 26,5 | 326 653 | 24,6 |
| DEA und HB 140 | 16 567 | 1,4 | 17 025 | 1,5 | 21 335 | 1,8 | 20 622 | 1,7 | 22 334 | 1,8 | 18 193 | 1,5 | 20 665 | 1,6 |
| **Gebäude** | | | | | | | | | | | | | | |
| Bauhof | 4 403 | 0,4 | 6 882 | 0,6 | 7 008 | 0,6 | 7 000 | 0,6 | 4 867 | 0,4 | 7 722 | 0,6 | 19 600 | 1,5 |
| Villa Limbourg allg. | 13 774 | 1,2 | 13 708 | 1,2 | 11 291 | 0,9 | 9 956 | 0,8 | 11 224 | 0,9 | 11 036 | 0,9 | 11 400 | 0,9 |
| Villa Limbourg Aufz. und Beleu. | 5 039 | 0,4 | 4 806 | 0,4 | 5 045 | 0,4 | 4 626 | 0,4 | 4 443 | 0,4 | 4 019 | 0,3 | 3 130 | 0,2 |
| **Gesamt** | **1 144 615** | | **1 112 923** | | **1 193 168** | | **1 211 889** | | **1 217 930** | | **1 228 077** | | **1 327 807** | |
| **Fahrzeuge** | | | | | | | | | | | | | | |
| Focus | 0 | 0,0 | 2 494 | 3,0 | 7 233 | 9,0 | 4 541 | 6,2 | 6 407 | 9,2 | 10 096 | 12,1 | 3 870 | 4,4 |
| Lkw, Kompressor, Cat, alle Kfz | 79 515 | 97,3 | 76 040 | 92,7 | 70 470 | 87,9 | 67 520 | 91,8 | 60 770 | 87,4 | 71 590 | 85,7 | 81 920 | 92,6 |
| Geräte Einsatz, Anlagenpflege | 2 204 | 2,7 | 3 535 | 4,3 | 2 500 | 3,1 | 1 500 | 2,0 | 2 374 | 3,4 | 1 832 | 2,2 | 2 649 | 3,0 |
| **Gesamt:** | **81 719** | | **82 069** | | **80 203** | | **73 561** | | **69 551** | | **83 518** | | **88 439** | |
| Wasserförderung m³ | 1 095 388 | | 1 076 903 | | | | 1 132 290 | | 1 124 618 | | 1 135 633 | | 1 166 269 | |
| **kWh/m³ Förderung** | **1,12** | | **1,11** | | | | **1,14** | | **1,14** | | **1,15** | | **1,21** | |

## Anhang 2 Treibhausgasbilanz

| | 2013 | | 2014 | | 2015 | | 2016 | | 2017 | | 2018 | | 2019 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | t $CO_2$ | Anteil % | t $CO_2$ | Anteil % | t $CO_2$ | Anteil % | t $CO_2$ | Anteil % | t $CO_2$ | Anteil % | t $CO_2$ | Anteil % | t $CO_2$ | Anteil % |
| **Gebäude** | 9,3 | 2 | 10,2 | 2 | 9,4 | 2 | 8,7 | 2 | 8,2 | 2 | 9,1 | 2 | 13,7 | 2 |
| **Anlagen** | 449,7 | 94 | 436,1 | 93 | 469,1 | 94 | 477,3 | 94 | 480,2 | 95 | 483,3 | 94 | 518,8 | 93 |
| **Fahrzeuge** | 21,7 | 5 | 21,8 | 5 | 21,4 | 4 | 19,6 | 4 | 18,5 | 4 | 22,3 | 4 | 23,5 | 4 |
| **Wasserförderung m³** | 1.095.388 | | 1.076.903 | | 1.136.187 | | 1.132.290 | | 1.124.618 | | 1.135.633 | | 1.166.269 | |
| **Tonnen $CO_2$ gesamt** | 481 | | 468 | | 500 | | 506 | | 507 | | 515 | | 556 | |
| **kg CO2/m³** | 0,44 | | 0,43 | | 0,44 | | 0,45 | | 0,45 | | 0,45 | | 0,48 | |

| **Faktoren** | **$CO_2$ Kg/kWh** |
|---|---|
| Diesel | 0,265 |
| Benzin | 0,274 |
| Strom (2019) | 0,401 |
| Bundesdeutscher Durchschnitt | |