

Auftraggeber: Gemeinde Schmitten

Inhalt: Konzeption zur Sanierung des Tiefbrunnen Dillenberg

2. Ausfertigung

Aufgestellt: November 2023



Dinkelmeyer+Herrmann GmbH
Sachverständigenbüro für Brunnen
und Quellen zur Wassergewinnung
Widukindstraße 7 90574 Roßtal

Gliederung

1	Allgemeine Situation und Aufgabenstellung	3
2	Grundlagenermittlung	4
2.1	Standörtliche Gegebenheiten	4
2.2	Zustand des Brunnens	8
2.3	Geophysikalische Vermessung	13
2.4	Geologische, hydrogeologische und hydrogeochemische Verhältnisse	15
2.4.1	Geologische Verhältnisse	15
2.4.2	Hydrogeologische Verhältnisse	17
2.4.3	Hydrogeochemische Verhältnisse	19
3	Bewertung der Grundlagenermittlung	20
3.1	Sanierungsbedarf	20
3.2	Standort	20
3.3	Sanierungsvarianten	21
3.3.1	Einschubverrohrung	21
3.3.2	Ersatzbrunnenbau	24
3.3.3	Grundhafte Sanierung am Brunnenstandort	21
3.3.4	Sanierungsablauf	Fehler! Textmarke nicht definiert.
4	Zusammenfassung	25
	Literaturverzeichnis	26

Erläuterungsbericht

zur Konzeption zur Sanierung des Tiefbrunnens Dillenberg

1 Allgemeine Situation und Aufgabenstellung

Der Gemeinde Schmitten nutzt zur Deckung ihres Trinkwasserbedarfs neun Tiefbrunnen aus denen 2022 insgesamt 56.400 m³ Grundwasser entnommen wurden. Hinzu kommen weitere Grundwasserentnahmen durch oberflächennahe Schürfe. Die Brunnen wurden im Vorfeld routinemäßiger Wartungsarbeiten einer Überprüfung mittels Unterwasserfernsehkamera unterzogen. Dabei wurden am Brunnen Dillenberg mehrere Beschädigungen (Löcher) an der Einschubverrohrung aus PVC DN225 festgestellt durch die bereits Filterkies in das Brunneninnere eingedrungen ist. Diese Verrohrung muss bereits früher zur Stabilisierung in die ursprünglich im Jahr 1966 eingebauten Ausbaurohre aus Kunstharzpressholz (OBO) DN 300 eingeschoben worden sein.

Im ersten Schritt soll, basierend auf einer Grundlagenermittlung, den aktuellen Zustandsberichten und den allgemein anerkannten Regeln der Technik, ein Sanierungskonzept mit Variantenprüfung, Kostenschätzungen und Empfehlungen für das weitere Vorgehen erstellt und mit dem Auftraggeber abgestimmt werden.

Zusammenfassend ergeben sich die folgenden Umsetzungsschritte:

- Schritt 1: Bestandsaufnahme, bei Erfordernis weiterführende Untersuchungen;
- Schritt 2: Erarbeiten Maßnahmenkonzept mit Kostenschätzung;
- Schritt 3: Planung; Genehmigung und Ausschreibung der Maßnahme;
- Schritt 4: Ausführung bei fachtechnischer Begleitung, Kontrolle und Dokumentation.

Der vorliegende Erläuterungsbericht dokumentiert die Ergebnisse der Zustandserfassung sowie der ergänzenden Untersuchungen und legt ein entsprechendes Maßnahmenkonzept vor (Schritte 1 und 2). Auf dieser

Grundlage können die Behördenabstimmungen und weitere Planungsschritte durchgeführt werden.

2 Grundlagenermittlung

Dem Erläuterungsbericht liegen die folgenden, vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Unterlagen zugrunde:

- [1] Ausbauzeichnung mit Bohrprofil Ingenieurbüro O. Hecker vom 18.2.1969
- [2] Ausschnitt Erläuterungsbericht
- [3] Untersuchungsbericht zur Kamerabefahrung E+M Bohr GmbH am 18.6.1996
- [4] Protokoll zur Kamerabefahrung und Zustandsbewertung A.B.S. Aqua Brunnen Service GmbH vom 24.5.2022
- [4] Wasserrechtlicher Bescheid des Regierungspräsidiums Darmstadt vom 5.12.2012
- [5] Diverse Tabellen und Ganglinien zur Fördermenge und Wasserstand
- [6] Rohwasseranalyse vom 17.10.2019 Institut Fresenius

2.1 Standörtliche Gegebenheiten

Der Brunnen Dillenberg befindet sich ca. 900 m ostnordost der Ortsmitte von Oberreifenberg am Nordhang des Großen Feldbergs auf Grundstück mit Flurnummer 1/16, Flur 2 der Gemarkung Oberreifenberg. Die Koordinaten lauten:

Gauss-Krüger:	R-Wert 3461 180, H-Wert 5567 830
UTM Zone 32:	Ost-Wert 461 120, Nord-Wert 5566 042
Geländehöhe:	NN + ca. 660 m

Das Flurstück ist gemäß DVGW-ARBEITSBLATT W 101 umzäunt. Der Brunnen ist über befestigte Forstwege gut erreichbar (Abbildungen 1 und 2). Aufgrund der Hanglage sind horizontale Stell- und Lagerflächen stark limitiert. Im Falle einer Sanierung werden umfangreichere Erdarbeiten zur Erstellung eines Bohrplanums erforderlich.



Abb. 1: Fassungsbereich des Brunnen Dillenberg in Hanglage

Der Brunnen ist von zahlreichen weiteren Wasserfassungen umgeben (Abbildung 3). Im Einzelnen sind dies:

- Sickeranlage Lehmkraut (S4), ca. 300 m östlich
- Sickeranlage Salzleck, ca. 400 m südlich
- Tiefbrunnen Krötenbachtal, ca. 500 m ostnordöstlich
- Tiefbrunnen Siegfriedstraße, ca. 700 m südöstlich
- Tiefbrunnen Spatzwiese, ca 700 m südwestlich



Abb. 2: Das Nahumfeld des Brunnens am bewaldeten Nordhang des Großen Feldbergs.

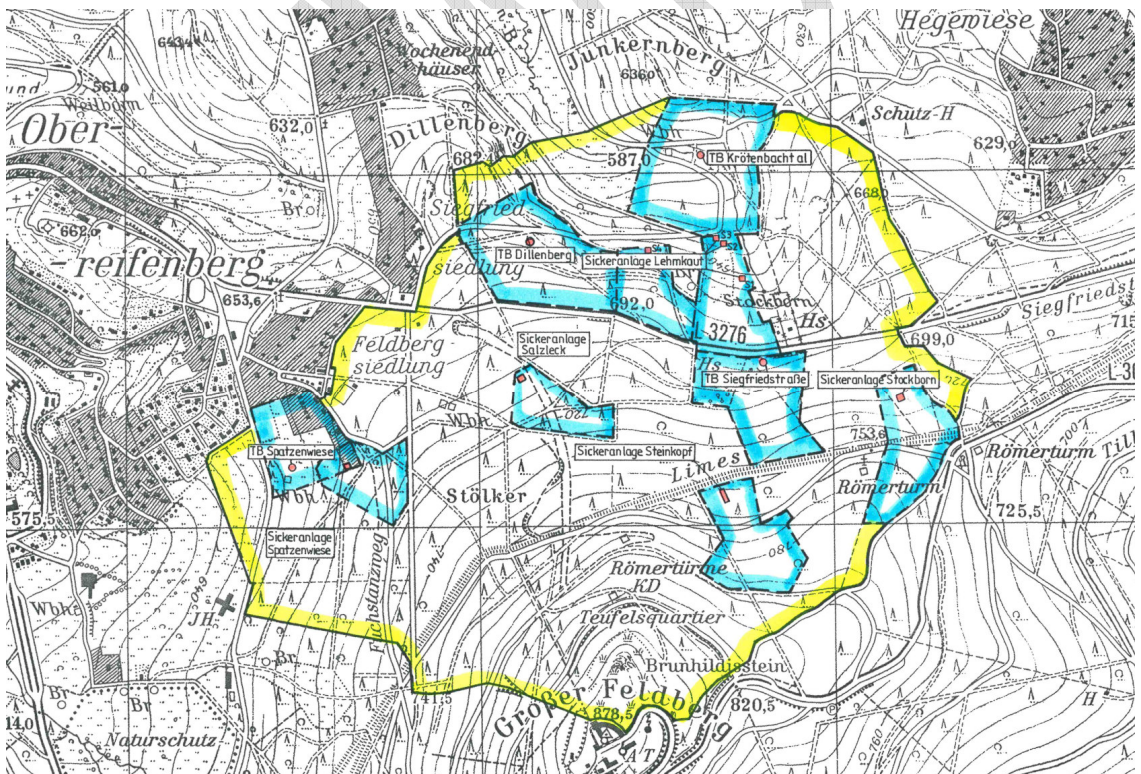


Abb. 3: Wasserefassungen im Nahumfeld des Brunnens, sowie Wasserschutzgebiet (Zone 1 rot, Zone 2 blau, Zone 3 gelb)

Das Brunnenabschlussbauwerk ist ein ebenerdig zugängliches Betonbauwerk mit Innenmaß 2,3 x 1,6 x 2,2 m (LxBxH) mit Anschüttung an drei Seiten. Ein lotrechter Zugang zum Brunnen ist über eine runde Öffnung in der Decke möglich, die durch einen runden gusseisernen Deckel DN 600 verschlossen ist.



Abb. 4: Brunnenkopf mit Überlauf, hydraulische Installation

Der Brunnen ist mit einem Brunnenkopfdeckel DN 600 mm mit einem FF DN 80 mm für die Pumpensteigrohre, sowie Peilrohröffnungen und Kabeldurchführung verschlossen. Seitlich am Brunnenkopfrohr befindet sich ein Abgang mit freiem Auslauf zur Druckentlastung bei artesischem Druck. Im Brunnenvorschacht befinden sich als technische Ausrüstung ein Q-Stück, Woltmannzähler, Rückschlagventil und zwei Absperrschieber, sowie Luftentfeuchter und Elektroschaltschrank. Eine Steckdose CEE 400V, 16A ist vorhanden.

2.2 Zustand des Brunnens

Die 120 m tiefe Bohrung wurde 1965 niedergebracht. Die Bohrung setzt in lehmigen Verwitterungssedimenten an und durchteuft bis 16 m Schiefer mit Quarzgeröllen und Blockwerk und anschließend bis zur Endteufe eine Wechselfolge aus Tonschiefer, Grauwacke und Quarziten. Das Bohrverfahren ist nicht bekannt. Es fällt jedoch auf, dass die Bohrung mehrfach abgesetzt wurde, von einem Bohranfangsdurchmesser von 1.150 mm, über 1.000 / 900 / 800 / 700 / 600 zu einem Enddurchmesser von 500 mm. Dies geschieht üblicherweise bei Nachfälligkeit des durchteuften Gebirges zur Stabilisierung durch den Einbau von temporären Hilfsverrohrungen.

Im Jahr 1966 wurde die Bohrung mit Rohren aus Kunstharzpressholz (OBO) DN 300 ausgebaut. Das Material dieser Rohre besteht aus mehreren Buchenholz Furnierschichten, die mittels Melaminharzlösung unter Druck und hohen Temperaturen miteinander verpresst wurden. Die Rohre wurden beim Brunnenausbau vor Ort durch versetzt angeordnete Drittelschalen zu einer Rohrtour zusammengesetzt, verschraubt sukzessive beim Montagevorgang auf einer Platte mit zentralem Haltegesänge stehend in das Bohrloch abgelassen. Die maximale Zugfestigkeit der Rohre wird in den technischen Unterlagen mit 5 to im Neubauzustand angegeben.

Der Ringraum zwischen Ausbaurohr und Bohrloch wurde bis zur Endteufe mit Filterkies der Körnung 5 - 8 mm verfüllt.

Weitere Ausbauinformationen gemäß Bestandsplänen aus dem Jahr 1969 sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tab. 1: Ausbau des Brunnen Dillenberg

	Brunnen Dillenberg Teufen (soweit nicht anders angegeben) beziehen sich auf OK Gelände)
Baujahr	1965/66
Bezugshöhe	OK prov. Deckel = NN +660,39 m OK Gelände = NN +659,89 m
Bohrung	bis 2,5 m Ø 1.150 mm bis 19 m Ø 1.000 mm bis 24 m Ø 900 mm bis 41 m Ø 800 mm bis 91 m Ø 700 mm bis 105 m Ø 600 mm bis 120 m Ø 500 mm
Ausbauverrohrung	DN 300 mm Kunstharzpressholz (OBO) bis 23 m Vollwandrohr bis 57 m Vollwand- und Filterrohr im Wechsel bis 60 m Vollwandrohr bis 88 m Filterrohr
Ringraumschüttung	bis 120 m Filterkies Körnung 5 – 8 mm
Abdichtung	bis 19 m Stahl-Sperrrohr DN 600 mm mit Flansch DA 920 mm bis 18,5 m Hinterfüllung mit Sand/Kies bis 17 m Hinterfüllung mit Beton bis 0 m Hinterfüllung mit Erstarrungston im Schotterskelett

Gegen oberflächennahe Einflüsse ist der Brunnen laut Ausbauplan [1] mit einem Stahl-Sperrrohr DN 600 mm bis eine Tiefe von ca. 19,0 m unter Gelände und einer abdichtenden Hinterfüllung aus einem Gemisch aus Erstarrungston und Schotter versehen. Das Sperrrohr endet im Schiefergestein (Abbildung 5).

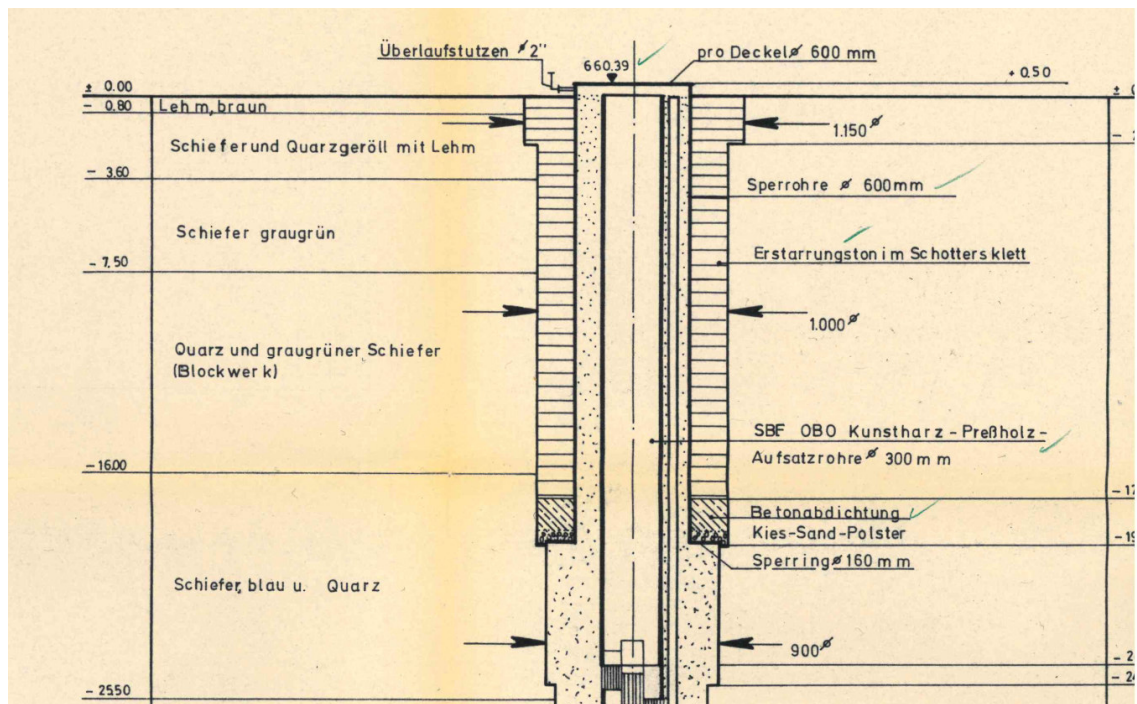


Abb. 5: oberflächennaher Ausschnitt aus dem Brunnenausbauplan

Ein Leistungspumpversuch ist nicht dokumentiert. Mit Bescheid von 1982 wurde wasserrechtlich eine Förderung von 3,5 L/s bzw. 12,6 m³/h, 226 m³/d und 55.200 m³/a genehmigt. Im Jahr 2012 wurde das Wasserrecht mit einer reduzierten Entnahme von 3.000 m³/Monat und 30.000 m³/Jahr bis Ende 2032 beantragt und genehmigt.

Aus dem Jahr 1996 ist die erste Kamerabefahrung überliefert. Diese zeigt eine Einschubverrohrung aus PVC DN 225 die aufgrund der bereits vorhandenen Ablagerungen bereits einige Zeit vorher in den ursprünglichen Ausbau aus Kunstharzpressholzrohren DN 300 eingebaut worden sein muss. Der Grund ist nicht bekannt. Der Untersuchungsbericht führt zahlreiche Scheuerstellen und sechs Schadstellen in Form von Löchern in Tiefen ab Brunnenkopf von 44,2 m, 47,0 m, 60,6 m, 76,0 m, 76,2 m und 102,2 m. In den Löchern ist lockerer Filterkies erkennbar. Die Auflandung wurde in einer Tiefe von 116,8 m erreicht.

Im Jahr 2022 wurde der Brunnen erneut mit der Kamera befahren. Die Schadstellen sind im Wesentlichen unverändert. Bei der größten Beschä-

digung in einer Tiefe von 76,2 m unter Brunnenkopf sind zwei Filterrohrstegge gebrochen, was ein offenes Loch von ca. 60 x 25 mm erzeugt (Abbildung 6).



Abb. 6: gebrochene Filterstegge, lockerer unverockerter Filterkies

Der Brunnen war nach Fertigstellung mit einem Überlauf von ca. 25 L/min (ca. 0,42 L/s) leicht artesisch. Aktuell liegt der Ruhewasserspiegel ca. 3,5 m unter OK Brunnenkopf.

Die aktuelle Ergiebigkeit kann mangels Pumpversuch nur anhand der Betriebsaufzeichnung abgeschätzt werden. Für das Jahr 2022 errechnet sich die durchschnittliche Förderrate aus der monatlichen Fördermenge und Pumpdauer zu 11,2 m³/h bzw. 3,1 L/s. Die Pumpe wurde dabei in der Regel pro Tag einmal für etwa 1,5 Std eingeschaltet. Die Absenkung beträgt dabei ca. 9 m ohne Beharrung. Im September 2022 wurde bis zu 15 Std kontinuierlich gepumpt, die Absenkung, wiederum ohne Beharrung erreicht dann ca. 40 m und steigt innerhalb der nächsten 9 Stunden ohne Förderung bis zum nächsten Einschaltpunkt nicht mehr den Ausgangs-

punkt (Abbildung 7). Es kann abgeschätzt werden, dass eine kontinuierliche Förderung mit 3,1 L/s zu einer Totalabsenkung im Brunnen führen würde.

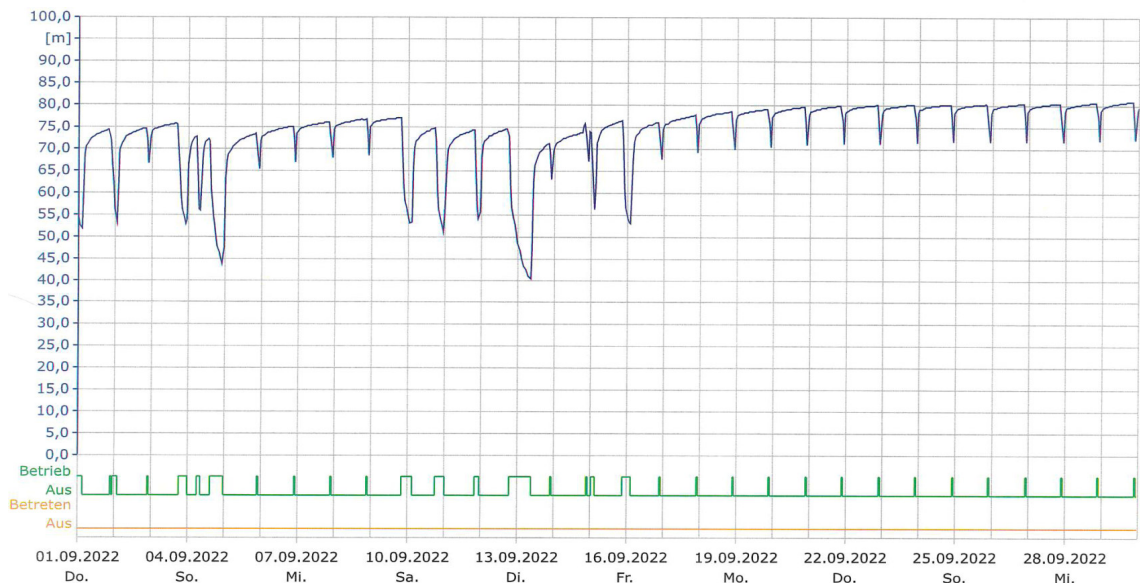


Abb. 7: Auszug aus der Betriebsaufzeichnung: Wassersäule über Sensor

Die monatliche Fördermenge liegt bei etwa 300 m³, erreicht aber Spitzenwerte über 2.500 m³. Die Fördermenge wird über die Pumpdauer gesteuert. Der Quotient aus Fördermenge und Pumpdauer liegt bei ca. 11 m³/h, sinkt in Monaten mit starker Entnahme aufgrund der zunehmenden Druckhöhe der Pumpe auf 8,5 m³/h. (Abbildung 8).

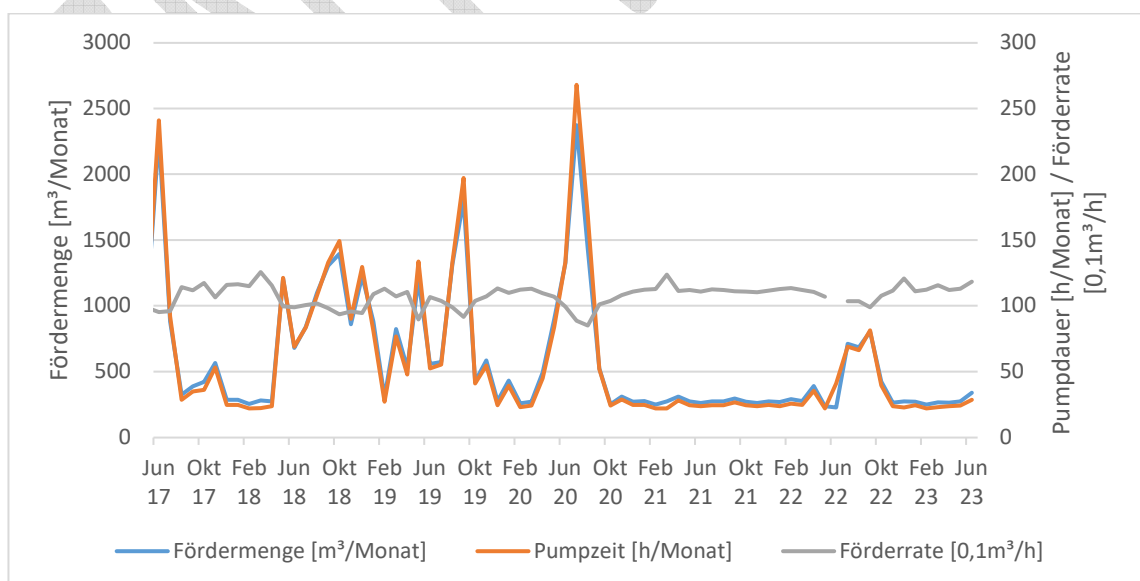


Abb. 8: grafische Darstellung der monatlichen Fördermenge, Pumpdauer und Förderrate.

Im Vergleich der jährlichen Entnahmemenge aller zur Verfügung stehender Brunnen, liegt der Brunnen Dillenberg mit fast 5.000 m³ im Jahr 2022 an dritter Stelle. Mit Abstand die größte Entnahme liefert der Siegfriedstraße mit knapp 25.000 m³, gefolgt vom Brunnen Treisberg mit knapp 8.000 m³. Unter Berücksichtigung der Pumpdauer liegt der Brunnen Dillenberg mit Brunnen Siegfriedstraße mit Förderraten von 15 m³/h bzw. 10 m³/h an der Spitze (Tabelle 2).

Tab. 2: Fördermenge, Pumpdauer und Förderrate aller Brunnen im Jahr 2022

Brunnen	Fördermenge [m ³ /a]	Förderdauer [h/a]	Förderrate [m ³ /h]
Schmitten	4.626	983	4,7
Dillenberg	4.841	474	10,2
Spatzenwiese	2.429	1.123	2,2
Krötenbach	2.260	1.248	1,8
Niederreifenberg	4.396	553	7,9
Siegfriedstraße	24.860	1.657	15,0
Sauwiese	3.757	725	5,2
Dorfweil	1.416	824	1,7
Treisberg	7.819	3.169	2,5
Summe	56.404	10.756	5,2

2.3 Geophysikalische Vermessung

Zur Ermittlung des aktuellen Brunnenzustandes wurde der Brunnen im Rahmen dieser Studie im Oktober 2023 mit geophysikalischen Methoden untersucht.

Die Messung des Verlaufs der Ausbauachse ergibt eine maximale Abweichung von der Lotrechten von nur ca. 18 cm, siehe Abbildung 9. Der Brunnenausbau ist somit im brunnenbautechnischen Maßstab als lotrecht einzustufen. Die geringe Abweichung von weniger als 20 cm stellt keine nennenswerte Beeinträchtigung für eine Sanierung des Brunnens dar.

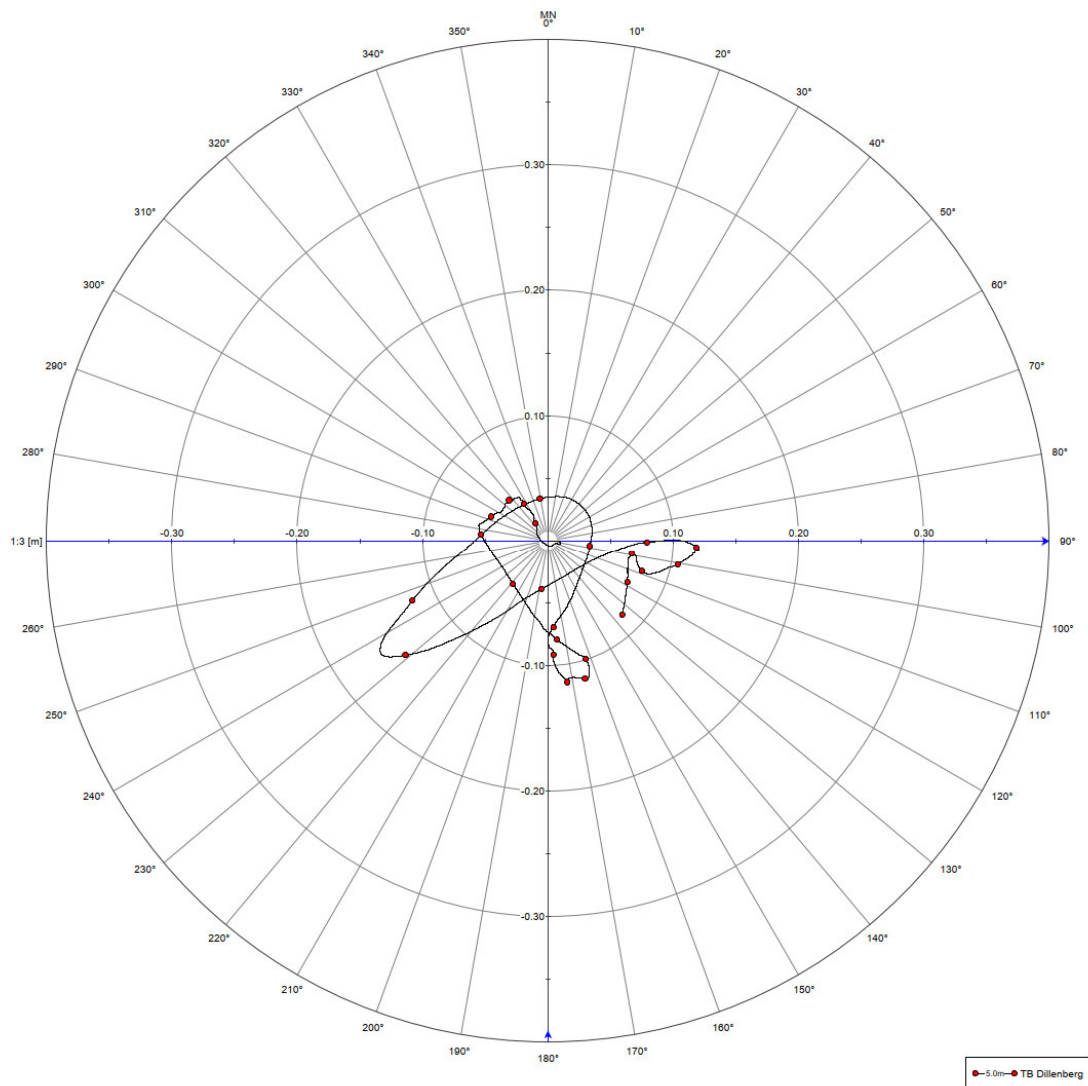


Abb. 9: Abweichung der Ausbauachse von der Lotrechten (Bullseyedarstellung)

Den Messungen zufolge reicht das Sperrrohr bis in eine Tiefe von 18,3 m unter Brunnenkopf. Das Magnetik-Log zeigte keine weiteren Anzeichen für metallische Fremdkörper im Bohrloch. Eine negative Anomalie in der Gebirgsleitfähigkeit bei 75,0 – 75,8 m deutet auf eine geologische Trennfläche (vermutlich Kluft) hin. Direkt unterhalb dieser Anomalie, zeigt sich eine Änderung im Temperatur- und Leitfähigkeitsprofil. Hier befindet sich einer der Wasserzutritte der Bohrung.

Nach dem Tracerfluid-Log erfolgt der Grundwasserzustrom in den Brunnen in Teufen von ca. 24,4, 51,4, 75,8 und 101,1 m unter Brunnenkopf.

Der schmale Teufenbereich der Zuflüsse zeigt an, dass der Zufluss ausschließlich über Klüfte erfolgt. Ohne Anbindung an das Kluftsystem zeigt sich das Gebirge nahezu wasserundurchlässig.

2.4 Geologische, hydrogeologische und hydrogeochemische Verhältnisse

2.4.1 Geologische Verhältnisse

Der geologische Rahmen wird durch den Taunus, als südöstliches Teilgebirge des Rheinischen Schiefergebirges gebildet. Dabei handelt es sich um klastische Sedimente des Unter-Devons, die im Rahmen der variszischen Gebirgsbildung geschiefert, verfaltet und in steil aufgestellte Schuppen und Stapelungen zerlegt wurden.

Der Standort des Brunnens befindet sich in der Taunuskamm-Einheit, der zentralen und topographisch höchsten Einheit des Taunus (Hochtaunus).

Stratigraphisch und lithologisch werden die durchteuften Schichten der Singhofener Schichten (Ems-Stufe, oberes Unterdevon) zugeordnet, die als eine Wechselfolge von sandigen Schiefen bzw. Grauwackenschiefern (tu3uq) und Ton- und Dachschiefer ausgebildet sind.

Die Singhofener-Schichten werden unterlagert von grünen Sandsteinen/Quarziten und graugrünen bzw. rotvioletten Tonschiefern der Bunten Schiefer (Gedinne-Stufe, unterstes Unterdevon). Aufgrund der steil aufgerichteten Schichtlagerung treten diese Schichten ca. 850 m südöstlich des gegenständlichen Brunnens zu Tage und formen u.a. den Großen Feldberg, mit 881 m über NN die größte Erhebung im Taunus.

Nach dem vorliegenden Schichtenverzeichnis [1] durchteuft die Bohrung eine Wechselfolge von Schiefer, Grauwacke und Quarzit. Die nachfolgende Tabelle 3 listet die durchteuften Schichten gemäß Bohrprofil auf. Es ist unklar, ob der anstehende, feste Fels in einer Tiefe von 3,6 m oder erst 16 m unter Gelände beginnt. Das bis in eine Tiefe von ca. 19 m reichende Sperrrohr weist auf einen tieferen Beginn des standfesten Felses hin.

Tab. 3: Bohrprofil gemäß Ausbauplan [1]

Tiefe unter GOK	Gestein laut Bohrprofil	Stratigrafische Interpretation
bis 0,8 m	Lehm, braun	Quartär
bis 3,6 m	Schiefer und Quarzgeröll mit Lehm	Quartär
bis 7,5 m	Schiefer, graugrün	Quartär (Hangschutt)
bis 16,0 m	Quarz und graugrüner Schiefer (Blockwerk)	Quartär (Blockwerk)
bis 25,5 m	Schiefer, blau und Quarz	Singhofener-Schichten
bis 28,0 m	Quarz mit etwas Schiefer	
bis 31,0 m	Schiefer, blau	
bis 37,0 m	Grauwacke schwarzgrau, hart	
bis 47,3 m	Grauwacke schwarzgrau mit etwas Quarz	
bis 55,5 m	Schiefer blau, einseitig braun	
bis 58,0 m	Grauwacke dunkelgrau mit etwas Quarz	
bis 62,5 m	Grauwacke und Schiefer mit viel Quarz	
bis 78,0 m	Grauwacke dunkelgrau, etwas Quarz	
bis 82,0	Grauwacke mit viel Quarz, klüftig	
bis 84,0 m	Grauwacke hellgrau mit viel Quarz	
bis 86,0 m	Quarz etwas Grauwacke	
bis 90,0 m	Grauwacke mit Quarz und Toneinlagen	
bis 103 m	Grauwacke mit Quarz und Schiefer	
bis 106,5 m	Tonschiefer blau weich mit Quarz	
bis 120,0 m	Grauwacke hellgrau etwas Quarz	

Die nahezu saiger (senkrecht) aufgestellten Schichten des Taunus streichen generell WSW-ENE und werden an zahlreichen NW-SE-verlaufenden Querstörungen in vertikal zueinander versetzte Bruchschollen zerlegt. Gemäß geologischer Karte (Abbildung 10) befindet sich die Bohrung Dillenberg auf einer solchen Querstörung.

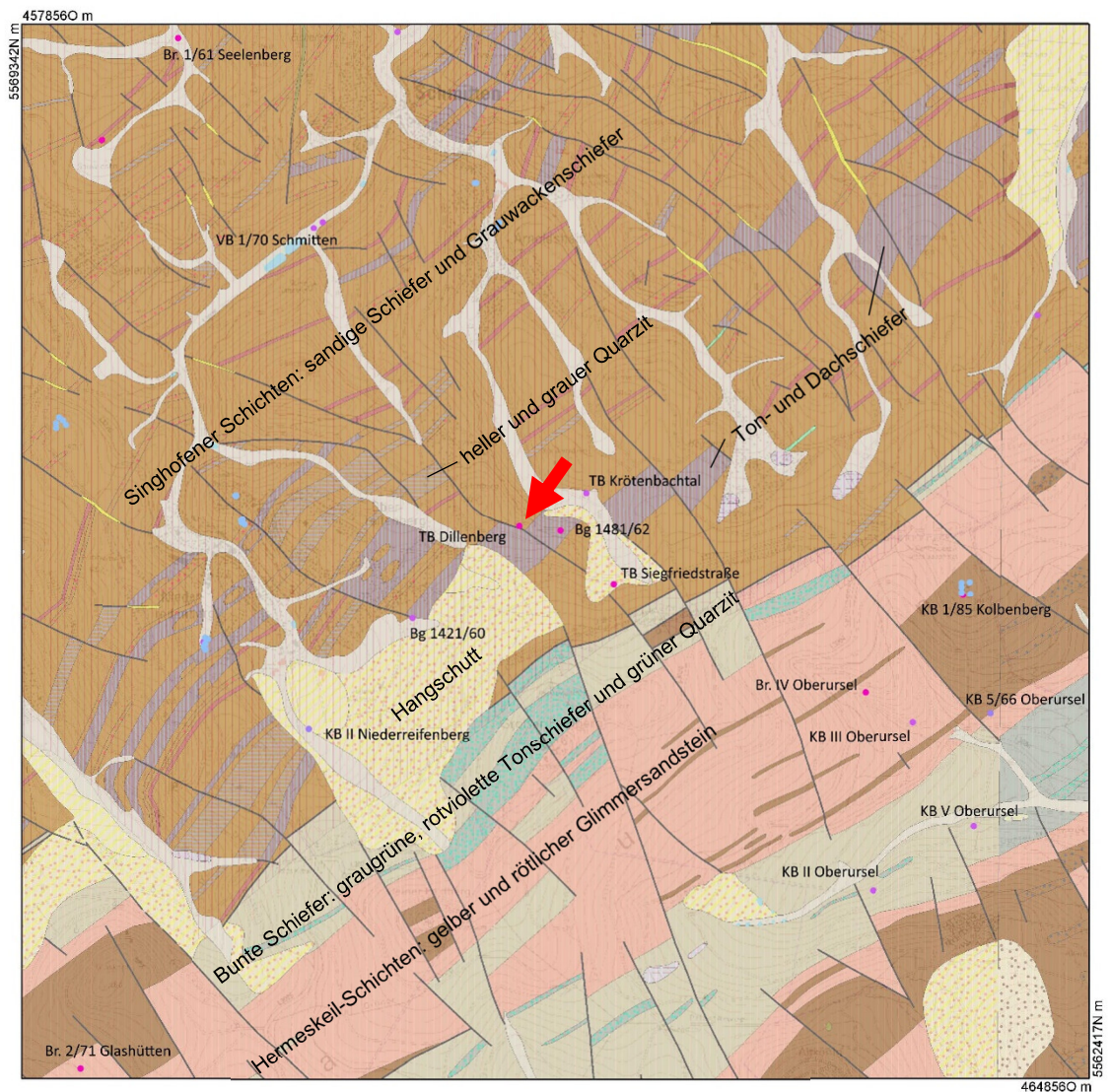


Abb. 10: Geologische Karte des HLNUG mit den dort bekannten Bohrungen

2.4.2 Hydrogeologische Verhältnisse

Aufgrund der überwiegend plastischen Verformung sind die Gesteine zum größten Teil nur wenig wasserführend. Da die Klüfte beschränkt und schlecht vernetzt sind und ein geringes wasserwegesames Hohlräumvolumen aufweisen, gilt der Taunus insgesamt als grundwasserarm. Das nicht der Verdunstung anheimfallende Niederschlagswasser fließt, begünstigt durch das Relief, weitgehend auf der Geländeoberfläche ab, ohne zur Grundwasserneubildung beizutragen.

Quellen als natürliche Grundwasseraustritte sind zwar zahlreich, die Ergiebigkeit ist jedoch meistens nur gering und starken Schwankungen unterworfen. Dennoch werden sie zur Trinkwassergewinnung herangezogen. Diese sind meistens nur flach gefasst und liefern in der Regel weniger als 0,5 l/s. Ergiebiger können Bohrbrunnen sein, insbesondere Tiefbrunnen, deren Leistung im Allgemeinen jedoch unter 3 l/s. Im Übrigen zeigt die Erfahrung, dass nur eine von zehn Explorationsbohrungen auf nutzbares Grundwasser im Taunus ein befriedigendes Ergebnis liefert. Nur wenn die Bohrungen große und weit reichende Störungen mit begleitenden Kluftzonen antreffen, kann Grundwasser in größerer Menge gewonnen werden (TOUSSAINT 2023).

Günstigere hydrogeologische Verhältnisse liegen im Bereich anstehender Hermeskeil-Sandstein und Taunusquarzit vor. Diese sind im Nahumfeld der Gemeinde Schmitten südöstlich des Großen Feldbergs zu erwarten. Aufgrund der spröden Materialeigenschaften reagierten diese Gesteine auf tektonischen Stress mit Zerschneiden, wodurch zahlreiche offene und vielfach gut wasserwegsame Klüfte entstanden sind. Ein gutes Grundwasserangebot liegt jedoch nur dort vor, wo die wasserleitenden Schichten ausreichende Mächtigkeiten und laterale Erstreckungen aufweisen und in Grundwassergeringleitern, wie den Bunte Schiefer der Taunuskamm-Einheit eingeschuppt sind. Günstig wirkt sich auch die Anlagerung wenig oder nichtleitender quartärer Lockergesteine wie z. B. Fließerdien aus. In diesen Bereichen mit anstehendem Hermeskeil-Sandstein und noch stärker bei ausstreichendem Taunusquarzit oder auch im Falle von Blockschuttdecken kann der hydrologisch wirksame Anteil des Niederschlagswassers in den zahlreichen offenen Klüften bzw. Grobporen in den tieferen Untergrund absickern und führt zu einer nennenswerten Grundwasserneubildung. Deren Größenordnung dürfte im Mittel etwa $2 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ betragen, in Gebieten mit vorherrschenden Schiefertönen (Hintertaunus-Einheit) oder metamorphen Gesteinen (Vordertaunus-Einheit) beträgt diese dagegen weniger als $1 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$. In Bereichen mit mächtigeren Sandsteinen und vor allem Quarziten (Taunuskamm-Einheit) oder im Falle junger Dehnungsbrüche oder auch bei Vorhandensein zusammenhängender und mächtigerer pleistozäner Schuttüberdeckung des Grundgebirges sind

dagegen höhere Werte bis etwa $3,5 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ zu erwarten (EHRENBERG et al. 1968).

Praktisch genutzt wird dieser Grundwasserspeicher z.B. in Wiesbaden, wo vier Stollenanlagen eine Gesamtschüttung von ca. 3,8 Mio. m^3/a aufweisen. Ähnliche Anlagen, jedoch in kleineren Dimensionen befinden sich u.a. bei Idstein, Königstein, Kronberg, Oberusel und Bad Homburg.

2.4.3 Hydrogeochemische Verhältnisse

Gemäß der chemischen Analyse des Brunnen Dillenberg vom Oktober 2019 [6] besitzt das Rohwasser bereits nahezu Trinkwasserqualität (Tabelle 4). Lediglich die Calcitlösekapazität überschreitet mit $26,7 \text{ mg/l}$ deutlich den Grenzwert von 10 mg/l . Dies ist den geologischen Gegebenheiten geschuldet, da natürliche Vorkommen von Karbonaten zur Pufferung der vorhandenen Kohlensäure in Kristallinregionen häufig fehlen. Eine Entsäuerung ist vorzusehen. Die Wasserhärte ist mit $4,6 \text{ }^\circ\text{dH}$ weich. Die mikrobiologischen Befunde waren unauffällig.

Tab. 4: Auszug aus chemischer Wasseranalyse [6]

Parameter	Einheit	Wert	Bemerkung
Wassertemperatur	$^\circ\text{C}$	8,3	
Elektr. Leitfähigkeit 25°	$\mu\text{S/cm}$	348	geringe Mineralisation
pH-Wert		6,94	neutral
Sauerstoff, gelöst	mg/l	5,7	
Kohlendioxid, gelöst	mg/l	12,9	
Calcitlösekapazität	mg/l	26,7	Entsäuerung erforderlich
Nitrat	mg/l	8,7	
Chlorid	mg/l	29,1	
Sulfat	mg/l	21	
Hydrogencarbonat	mg/l	58,6	
Natrium	mg/l	14,6	
Calcium	mg/l	19,3	
Magnesium	mg/l	8,29	
Eisen, gesamt	mg/l	$< 0,01$	sehr niedrig, geringe
Mangan	mg/l	$< 0,005$	Verockerungsneigung

3 Bewertung der Grundlagenermittlung

3.1 Sanierungsbedarf

Gemäß Ausbauplan wurde der Brunnen 1966 ursprünglich mit Kunstharzpressholz DN 300 ausgebaut. Bereits vor 1996 wurde, offenbar zur Stabilisierung eine Einschubverrohrung aus PVC DN 225 eingebaut. Auch diese Einschubverrohrung weist mehrere Löcher auf, durch die bereits Filterkies eingedrungen ist und weiterer lockerer Filterkies ist sichtbar.

Bei unkontrolliertem und unbemerktem Materialeintritt durch die bestehenden Löcher besteht die große Gefahr, dass Pumpe und Steigrohre verschütten und nicht mehr ausgebaut werden können. Dies würde eine Sanierung enorm erschweren bzw. unmöglich machen.

Darüber hinaus ist die durchschnittliche technische Nutzungsdauer von Brunnen von 50 Jahren bereits deutlich überschritten.

Es besteht daher dringender Handlungsbedarf.

3.2 Standort

Die Ergiebigkeit des Brunnens ist insgesamt gering, liegt jedoch bei Berücksichtigung des regionalgeologischen Umfelds im erwartbaren Bereich. Der Standort auf einer Störungszone ist hinsichtlich der Wasserführung als günstig zu bewerten, kann sich jedoch hinsichtlich der Standfestigkeit des Gebirges nachteilig auswirken. Eine signifikant höhere Wasserhöflichkeit im Brunnennahumfeld ist hydrogeologisch nicht zu erwarten. Auf ein allgemein hohes Explorationsrisiko im Taunus wurde bereits hingewiesen (Abschnitt 2.4.2).

Die Tracerfluidmessung im Brunnen bestätigt den Grundwasserzustrom über engbegrenzte klüftige Bereiche, während das ungeklüftete Gebirge nahezu keine Wasserdurchlässigkeit aufweist. Die Anbindung an das Klufftgrundwasser über angebohrte lokal begrenzte Klüfte ist am Standort gegeben, dies kann bereits 10 m daneben u.U. nicht der Fall sein.

Die chemisch-physikalischen Parameter, insbesondere die geringen Eisen-, Mangan- und Nitratkonzentrationen sprechen für eine gute Wasserqualität. Das Rohwasser muss lediglich entsäuert werden.

Der Brunnen befindet sich in einem langfristig gut schützbarem Waldgebiet. Es existiert mit den benachbarten Fassungsanlagen ein gemeinsames Schutzgebiet. Bis Ende 2032 besteht eine wasserrechtliche Genehmigung zur Entnahme von 3.000 m³/Monat und 30.000 m³/Jahr.

Es wird empfohlen den Standort beizubehalten.

3.3 Sanierungsvarianten

Zur langfristigen Nutzung des Brunnens kommen grundsätzlich folgende Möglichkeiten in Frage:

1. Sicherung des Brunnens durch eine weitere Einschubverrohrung
2. Grundlegende Sanierung des Brunnens durch Freiräumung des Bohrloches und Neubaubau
3. Errichtung eines Ersatzbrunnens im Nahumfeld und Rückbau des Altbrunnens

3.3.1 Einschubverrohrung

Der Einbau einer weiteren zweiten Einschubverrohrung wird aufgrund der damit verbundenen Erhöhung der Wassereintrittswiderstände und Reduzierung des Ausbaudurchmessers und Speichervolumens nicht empfohlen.

3.3.2 Grundhafte Sanierung am Brunnenstandort

Die Sanierung des Brunnens unter Beibehaltung des bestehenden Bohrloches setzt den vollständigen Rückbau aller eingebauten Brunnenmaterialien bis zur Endteufe von 120 m voraus.

Dabei sind folgende Rahmenbedingungen zu berücksichtigen:

- Grundvoraussetzung ist ein ausreichend lotrechtes Bohrloch. Mit einer maximalen Abweichung von der Lotrechten gemäß Bohrlochvermessung von nur 18 cm ist dies gegeben.

- Der enge und mindestens teilweise verkieste Ringspalt zwischen Einschubverrohrung und Brunnenausbau erschwert die Freilegung der Bohrung.
- Der mehrfach reduzierte Bohrdurchmesser kann auf den Einbau von Bohrrohren bei der damaligen Errichtung des Brunnens zur Abstützung eines nachfälligen Bohrloches hinweisen. Es wird empfohlen entsprechende Hilfsverrohrungen vorzuhalten, die dann bei sukzessiver Bohrlochausräumung und Erfordernis zur Bohrlochstabilisierung nachgeführt werden können.

Aufgrund der Brunntiefe ist der Rückbau der Brunnenmaterialien aus dem bestehenden Bohrloch als technisch aufwändig einzustufen. Gleichzeitig ist für den Standort die Wasserhöffigkeit bekannt.

Der Neuausbau erfolgt unter Berücksichtigung der Ergebnisse der bisherigen Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung sowie etwaiger neuer Erkenntnisse im offenen Bohrloch.

In der folgenden Tabelle wird der Sanierungsablauf grob skizziert und mit Schätzkosten hinterlegt und in Anlage 1 zeichnerisch dargestellt.

Tab. 5: Grobschritte Sanierungsablauf

Nr.	Beschreibung	Schätzkosten Netto EUR
1	Vorbereitende Arbeiten, z.B. Rückbau technische Ausrüstung des Brunnenschachtes, Rückbau bauliche Anlagen im Fassungsbereich, Ausbau U-Pumpe, sowie der bestehenden Elektro- und Schachtinstallation, Bodenabtrag und Befestigen des Bohrplatzes mit Rückbau nach Fertigstellung der Arbeiten	70.000
2	Baustelleneinrichtung	75.000
3	Entfernen der Kiesschüttung zwischen Sperrrohr DN 600 und Ausbaurohr DN 225/300 bis ca. 19 m unter GOK	15.000
4	Überbohrung DN 1300 des Sperrrohres mit Rückbau Sperrrohr und Abdichtung	40.000

5	Freiräumen des Bohrloches mit Rückbau Ausbaurohrungen DN 300 OBO und DN 225 PVC und Kiesel- und Geröllschüttung. Dies beinhaltet Schneid-, Lift- Fang- und Hebearbeiten	350.000
6	Vorhalten Hilfsverrohrungen	80.000
7	teleskopierter Ein- und Ausbau Hilfsverrohrung bei Bedarf und Nachfälligkeit des Gebirges	45.000
8	Untersuchungen im offenen Bohrloch: Pumpversuch, Kamerabefahrung und Geophysik (GR, CAL, DEV, FLOW, TEMP/SAL)	10.000
9	Ausbau der Bohrung mit Wickeldrahtfiltern und Vollwandrohren DN 300 aus Edelstahl 1.4301	90.000
10	Einbau Brunnenkies DIN 4924 mit Gegenfilter über Schüttrohre und Setzungskolben	26.000
11	Einbau Sperrrohr DN 600 bis ca. 19 m Tiefe mit Hinterfüllung aus sulfatbeständiger Ton-Zement-Suspension	17.000
12	Brunnenentwicklung und Pumpversuch	26.000
13	Kamerabefahrung, Geophysik zur Brunnenabnahme	6.000
14	Arbeiten Abschlussbauwerk mit Anbindung	125.000
15	Komplettierung der technischen Ausrüstung (ohne E-Technik)	17.000
16	Wiederherstellung der Außenanlage	25.000
17	Regiearbeiten	13.000
	Gesamtbausumme (netto)	1.030.000

Bei standfestem Gebirge entfällt der Ein- und Ausbau der Hilfsverrohrung (Punkt 7 - 45.000 EUR). Stattdessen kann durch eine Bohrlochaufweitung auf DN 1050 mm das Speichervolumen, sowie u.U. die Kluftanbindung verbessert werden. Die Kosten werden auf 100.000 EUR geschätzt, die Mehrkosten unter Berücksichtigung der Minderkosten betragen demnach ca. 55.000 EUR.

Zu den Baukosten ist mit folgenden Bauneben- und -planungskosten zu rechnen:

- Betriebskosten Baustelle: ca. 2.500 EUR;
- Genehmigungskosten: ca. 3.000 EUR;
- Geotechnische Fachplanung: ca. 5.000 EUR;

- Elektrotechnische Ausrüstung mit EMSR-Technik: ca. 25.000 EUR;
- Fachplanung und Bauleitung Brunnensanierung mit technischer Ausrüstung und Gebäude: ca. 140.000 EUR

Die geschätzten Gesamtkosten (Planungs- und Bauleistungen) summieren sich auf ca. EUR 1.160.500 EUR bis 1.260.500 netto.

3.3.3 Ersatzbrunnenbau

Die Variante „Neubau“ eines Ersatzbrunnens beinhaltet zwangsläufig auch die Nebengewerke „Rückbau Altbrunnen“ und „Erkundung Ersatzstandort“.

Der Rückbau des Altbrunnens ist aufgrund wasser- und bergrechtlicher sowie betrieblicher Anforderungen notwendig, um nach der endgültigen Stilllegung des Brunnens mittels geeigneter Abdichtungsmaßnahmen einen Eintrag potenziell keimbelasteter Oberflächenwässer über den Altbrunnen in den Grundwasserleiter und damit den in unmittelbarer Nähe befindlichen Neubrunnen sicher auszuschließen. Dabei sind Deck- und Dichtschichten wiederherzustellen. Um dies sicherzustellen, ist als Mindestanforderung des DVGW-ARBEITSBLATT W 135 des Sperrrohr und dessen Dichtigkeit zu überprüfen. Dazu wird das Sperrrohr freigeräumt, d.h. die Ausbaurohrung DN300 und Einschubrohrung DN225 wird samt Kiesschüttung bis etwa 20 m unter Gelände entfernt. Dann kann bei abgesenktem Wasserspiegel der Sperrrohrfuß mit einer Kamera optisch auf Dichtigkeit überprüft werden. Ist kein Fremdwasserzutritt erkennbar kann das Sperrrohr und die übrigen Ausbaurohre im Untergrund verbleiben und es genügt eine Verfüllung derselben mit einer Ton-Zementsuspension. Andernfalls muss das Sperrrohr vor einer abdichtenden Verfüllung durch Überbohren entfernt werden.

Eine Erkundung des Ersatzbrunnenstandortes ist erforderlich, da die Wasserführung im Wesentlichen an Klüfte gebunden ist und diese nicht flächendeckend verbreitet sind. Es ist daher von einem nicht zu unterschätzenden Fündungsrisiko auszugehen.

Neben den Kosten für Rückbau des Altbrunnens, sowie Erkundung, Niederbringung und Anbindung des Brunnens am Ersatzstandort, kommt noch das Risiko von Fehlbohrungen hinzu.

Da in dieser Variante die Altbohrung zur qualifizierten Abdichtung nur bis ca. 20 m freigeräumt werden muss, sind die bautechnischen Risiken geringer. Trotz der Erkundungs- und Ersatzneubohrung werden die Baukosten daher auf ca. 780.000 EUR netto geschätzt, was einer Kostenersparnis von etwa 250.000 EUR gegenüber Variante 1 entspricht.

Dagegen erhöht sich das Fündungsrisiko und das Risiko einer Fehlbohrung, außerdem muss ein geeignetes Grundstück zur Verfügung stehen.

Es wird daher von dieser Variante abgeraten.

4 Zusammenfassung

Unter Würdigung der geologischen, hydrogeologischen und technischen Rahmenbedingungen wird empfohlen den Brunnen Dillenberg einer grundlegenden Sanierung zu unterziehen. Die Gesamtkosten für Planung und Bauleistungen werden derzeit auf netto EUR 1.160.500 EUR bis 1.260.500 EUR geschätzt. Zukünftige Inflationsauswirkungen bzw. Teuerungen sind nicht berücksichtigt.

Aufgestellt:

Verfasser:

Roßtal, den 02.11.2023

gez. Dipl.-Geol. Ralf Dinkelmeyer

RD/FH 036001E001

Literaturverzeichnis

EHRENBERG, K.-H., KUPFAHL, H.-G. & KÜMMERLE, E. (1968): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25000 Blatt 5913 Presberg, 2. Aufl.- Wiesbaden, 201 S.

TOUSSAINT, B. (2023, 10. Aug.): Geologie des Taunus. <http://www.taunus-welten.de/das-gebirge/geologie-des-taunus/>, aufgerufen am 06.09.2023.

DVGW-ARBEITSBLATT W 101 (2006):

Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; Teil 1: Schutzgebiete für Grundwasser. -DVGW-Regelwerk, Bonn, 19 S.

DVGW-ARBEITSBLATT W 115 (2008):

Bohrungen zur Erkundung, Beobachtung und Gewinnung von Grundwasser. -DVGW-Regelwerk, Bonn, 30 S.

DVGW-ARBEITSBLATT W 135 (2018):

Sanierung und Rückbau von Bohrungen, Grundwassermessstellen und Brunnen. -DVGW-Regelwerk, Bonn, 32 S.