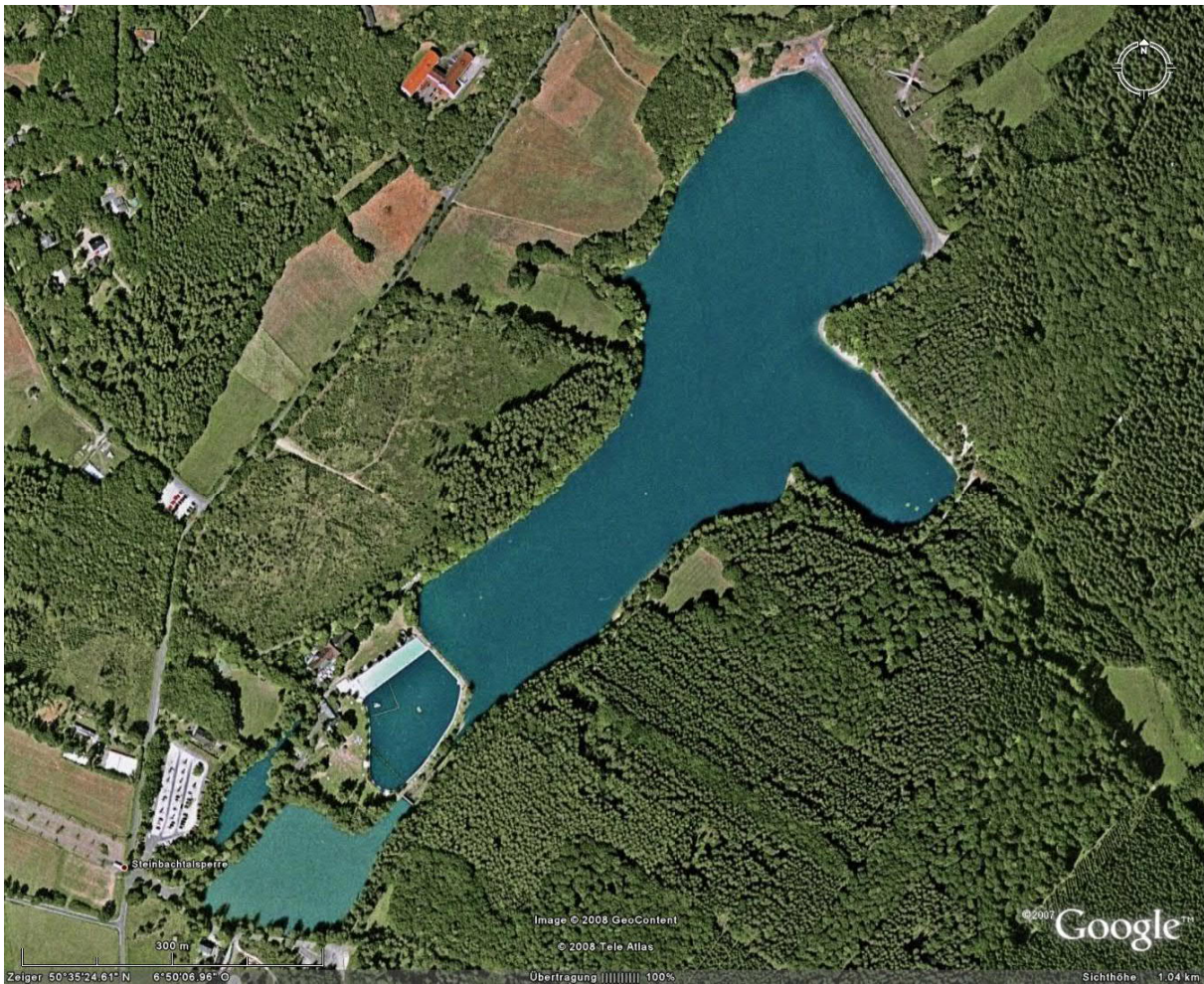


**Betreiber:** e-regio GmbH & Co.KG  
**Stauanlage:** Steinbach - Talsperre

## Sicherheitsbericht 2019 Teil B



**Inhaltsverzeichnis:**

Ziffer	Beschreibung	Seite	Anlage	Diagramm
1.	Allgemeines	3	1, 7	
1.1	Angaben zu wesentlichen Änderungen	3		
1.2	Seismische Einwirkungen	3	2 - 6	
1.3	Sonstige besondere Vorkommnisse	5		
2.	Betrieb der Anlage	6		
2.1	Wasserdargebot	6		
2.2	Speicherbewirtschaftung	7		
2.3	Betriebliche Störfälle	8		
3.	Zustand und Sicherheit der Talsperre	9		
3.1	Auswertung und Beurteilung der Kontrollmessungen	9		
3.1.1	Meteorologische Größen	9		1 - 2
3.1.2	Pegelbeobachtungen	9		
3.1.2.1	Beckenwasserstände	10		3 - 5
3.1.2.2	Unterwasserstände <sup>10</sup>	10		6
3.1.3	Hydraulische Messungen	11		
3.1.3.1	Wasserspiegelhöhen	11		7 - 30
3.1.3.2	Piezometerdruckmessungen	21		31 - 42
3.1.3.3	Sickerlinie	27		43 - 44
3.1.3.4	Bitudrain	28		45 - 62
3.1.3.5	Fugenband - Kontrollrohre	31		63 - 70
3.1.3.6	Entspannungen	33		71 - 72
3.1.3.7	Sickerwasserabflussmessungen	36		73 - 84
3.1.4	Spannungsmessungen	38		
3.1.5	Verschiebungs- und Verformungsmessungen	39		
3.1.5.1	Setzungsmessungen - Dammkrone	39		85
3.1.5.2	Setzungsmessungen - Luftseitige Böschung	40		86
3.1.5.3	Setzungsmessungen - Wasserseitige Böschung	41		87 - 89
3.1.5.4	Übrige Setzungsmesspunkte	42		
3.1.5.5	Verschiebungsmessungen	42		90 - 94
3.2	Ergebnisse von Begehungen	43		
3.3	Ergebnisse von Funktionsprüfungen	45		
4.	Schlussfolgerungen	46		
4.1	Beurteilung der Sicherheit	46		
4.2	Maßnahmen	46		

## 1. Allgemeines

### Hinweis:

Alle nachfolgenden Ausführungen beruhen auf den Unterlagen, die dem Unterzeichner durch den Betreiber zur Verfügung gestellt wurden. Die Messwertaufzeichnungen umfassen den Zeitraum zwischen April 1990 und Oktober 2019 und somit 29 Jahre seit der Wiederinbetriebnahme der Stauanlage nach Abschluss der Umbauarbeiten im Frühjahr 1990.

### 1.1 Angaben zu wesentlichen Änderungen

Folgende Ergänzungen, Umbauten und Instandsetzungen wurden an der Stauanlage im Berichtszeitraum des Wasserwirtschaftsjahres 2019 vom 01.11.2018 – 31.10.2019 gemäß dem Betriebstagebuch des Stauanlagenpersonals durchgeführt:

- 15.11.18 Korrosionsschutz Entnahmeleitung erneuert
- 19.11.18 Manometeranschlüsse erneuert (E1, E2, Blöcke 9, 13 und 18)
- 20.12.18 weitere Manometeranschlüsse erneuert (Blöcke 11 und 12)
- 08.01.19 Digitale Druckmesssonden eingebaut  
 KB3L-KB7L-KB4W-KB6W-E7-E8-BD10-BD18



- 08.01.19 weitere Manometeranschlüsse erneuert (Block 13)
- 22.01.19 Digitale Druckmesssonde eingebaut (Block 4, Luftseite)
- 22.01.19 weitere Manometeranschlüsse erneuert (Blöcke 20, 23 – 25, EL)
- 18.03.19 Warnwert für Hochwasseralarmierung auf 278,00 mÜNN geändert
- 23.03-27.03.19 Kabelgräben für Digitalisierung der Messwertaufnahme
- 01.04./17.04.19 Brunnenkappe GB 1 geändert zur Aufnahme einer digitalen Messsonde
- 04.04.19 Elektroarbeiten zur Umstellung auf digitale Messwerterfassung
- 16.04.19 Kabelgraben / Kabel Wärterhaus – Ablaufpegel
- 16.04.19 Automatisierung der digitalen Messwerterfassung abgeschlossen
- 11.09.19 Manometeranschlüsse erneuert (E9 und KB6L)
- 29.10.19 Eichung der digitalen Messwerterfassung



Die Arbeiten wurden durch das Stauanlagenpersonal ordnungsgemäß durchgeführt.

## 1.2 Seismische Einwirkungen

Der für Talsperren relevante Umkreis von Erdbeben wird in der Literatur (z.B. Heitfeld, K-H. (1991): Talsperren, Lehrbuch der Hydrogeologie, Bd. 5, Gebr. Bornträger Verlag, Berlin) mit 200 km angegeben. Gemäß Anlage Nr.1 liegt die Steinbach – Talsperre etwa auf der Koordinate  $50,59^{\circ}$  N und  $6,84^{\circ}$  O, so dass sich ein zu betrachtendes Gebiet im Bereich zwischen  $48^{\circ}$  und  $52^{\circ}$  N sowie  $5^{\circ}$  und  $9^{\circ}$  O ergibt.

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften, Hannover, stellt in Ihrer Datenbank "EISY" – Earthquake Information System alle Erdbebeninformationen ab Magnitude 2,5 für den Betrachtungszeitraum zur Verfügung. Die Zusammenstellung dieser Daten für das Wasserwirtschaftsjahr ist in der Anlage Nr.2 enthalten.

Im Wasserwirtschaftsjahr 2019 wurden gemäß Anlage Nr.2 4 Erdbebenereignisse mit einer Magnitude oberhalb von gleich oder größer  $M = 2,5$  im für die Talsperre relevanten Umfeld festgestellt. Die maximale Magnitude betrug hierbei 3,0 für das Beben, das am 10.06.2012 um 09:54 bei St. Die / Vogesen erfasst wurde.

Das v.g Beben war montan begründet und ist dem ehemaligen Bergbau zuzuordnen. Seine Entfernung betrug ca. 257 km zur Steinbachtalsperre. Das Beben vom 17.11.2018 mit Epizentrum bei Aachen erreichte zwar nur eine Magnitude von  $ML = 2,8$ , erzeugte aber aufgrund der deutlich kleineren Distanz von  $s = 39$  km die diesjährigen maximalen Bodenbeschleunigungen am Standort der Steinbachtalsperre.

Die Erdbebenwarte Bensberg betreibt im Schieberhaus der Steinbachtalsperre eine Messstation, deren Messergebnisse über das Internet - Portal abgefragt werden können. Aus den Anlagen Nr. 5 und 6 kann das Beben vom 17.11.2018, das zu den größten Horizontalbeschleunigungen an der Stauanlage führte, genau nachvollzogen werden,



Abbildung: Seismograph der Erdbebenwarte Bensberg im Schieberhaus der Steinbachtalsperre

Das Beben ist bei BGS Hannover mit der Uhrzeit 05:25 angegeben, die von der Zeiterfassung an der Steinbachtalsperre mit 05:26 nahezu identisch vermerkt ist.

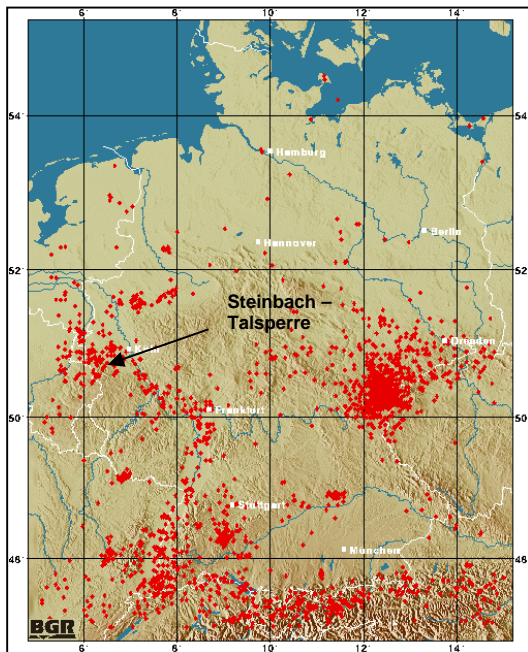
Gemäß "Grundbautaschenbuch, Teil 1, 5. Auflage, Verlag Ernst & Sohn, Berlin," ist die Abschätzung der zu erwartenden durchschnittlichen Felsbeschleunigungen am Standort der Sperre über folgende empirische Beziehungen möglich:

Formel (1)

$$\log a_{hn} = 0,25 I_s + 0,25 \text{ [cm/s}^2\text{]}$$

Formel (2)

$$I_s = 1,50 M + 3,00 - 3,45 \log H - 3,00 \log S/H - 1,3a \text{ (S-H)}$$



$a_{hn}$  = max Horizontalbeschleunigung

$I_s$  = Intensität an der Sperrstelle

$M$  = Magnitude (Richter)

$H$  = Herdtiefe [km]

$S$  = Schrägdistanz Herd – Sperrstelle [km]

$a$  = Dämpfung (0,01 – 0,001)

In Anlage Nr. 3 wurden die v.g. Erdbebeneignisse tabellarisch ausgewertet und die entsprechende Horizontalbeschleunigung am Sperrenstandort als Abschätzung angegeben. Hinsichtlich der wirksamen Beschleunigung für das Maximalereignis mit einer Magnitude  $M = 2,8$ , einer Herdtiefe  $H = 5$  km und einer Entfernung von  $E = 39$  km ergibt sich eine Bebenintensität von  $I_s = 2,07$  an der Sperrstelle, der eine Horizontalbeschleunigung von  $a_h = \text{ca. } 5,87 \text{ cm/s}^2$  zuzuordnen ist.

Die Betonbauwerke der Steinbachtalsperre wurden für Beschleunigungen von

- Betriebserdbeben  $a_0 = 40 \text{ cm/s}^2$
- Sicherheitserdbeben  $a_0 = 100 \text{ cm/s}^2$

ausgelegt, so dass die Einwirkung im Berichtsjahr 5,9 % (Vorjahr: 6,1 %) der o.g. Bemessungswerte erreichte.

Im Zuge der durchgeführten 1. vertieften Sicherheitsüberprüfung der Stauanlage wurden die Standsicherheitsnachweise mit den aktualisierten Beschleunigungen und definierten statistischen Jährlichkeiten entsprechend DIN 19700 überarbeitet. Die zugehörigen Beschleunigungswerte, die vom Geologischen Dienst NRW benannt wurden, unterschreiten entsprechend folgender Tabelle, in der die Steinbachtalsperre nach Talsperrenklasse 1 einzuordnen ist, die v.g. Werte der Ursprungsbemessung.

	t = 100 Jahre (Betriebserdbeben TSP Klasse 2)	t = 500 Jahre (Betriebserdbeben TSP Klasse 1)	t = 1000 Jahre (Bemessungserdbeben TSP Klasse 2)	t = 2500 Jahre (Bemessungserdbeben TSP Klasse 1)
Intensität	<b>5,4</b>	<b>7,0</b>	<b>7,5</b>	<b>8,2</b>
$a_{h,eff} [\text{cm/s}^2]$	<b>16</b>	<b>36</b>	<b>44</b>	<b>57</b>

Es ist also festzustellen, dass sich die Bemessung der Stauanlage hinsichtlich Erdbebeneinwirkungen deutlich auf der „sicheren“ Seite bewegt.

### 1.3 Sonstige besondere Vorkommnisse

Folgende Vorkommnisse mit Relevanz für die Stauanlage und ihre Betriebseinrichtungen wurden im Betriebstagebuch des Betreibers dokumentiert:

- 05.11.2018 DFÜ für Fernübertragung (Pegel zum Erftverband, Erdbebensonde zur Warte nach Bensberg) ausgefallen
- 28.11.2018 DFÜ für Fernübertragung (Pegel zum Erftverband, Erdbebensonde zur Warte nach Bensberg) ausgefallen
- 18.12.2018 Schacht vor Sickerwassermessstelle SM 9 in Werkstattbodenplatte geöffnet, Wasseranstau von 50 cm über OK Auslauf Tosbecken erzeugt, Ergebnisse:
  - a) Wasseranstieg im Brunnen GB4L um 0,27 m
  - b) Wasseraustritt über Schacht 1 in der Sohle des Grundablasskanals (unter der Sohle liegt der Rohrkanal der Entnahmeleitung)
- 08.03.2019 Störung an der Rohrbruchsicherung
- 18.03.2019 Anpassung der Rohrbruchsicherung, Auslösung bei 10 % Öffnung RKS
- 10.05.2019 Telefonanschluss gestört, Dauer 5 Tage

Alle Schäden wurden zeitnah behoben.

2. Betrieb der Anlage  
2.1 Wasserdargebot



Abbildung: Einzugsgebiet der Steinbachtalsperre in 3-facher Überhöhung, Blickrichtung von Süd nach Nord

Der Gesamtzufluss im Wasserwirtschaftsjahr 2019, ermittelt aus Integration der Tagessummen an den beiden Zulaufpegeln, stellte sich im Vergleich zu den beiden Vorjahren wie folgt dar:

Gewässer	Zufluss 2019	Zufluss 2018	Zufluss 2017
Steinbach	723.254 m <sup>3</sup>	866.160 m <sup>3</sup>	427.507 m <sup>3</sup>
Treuenbach	58.579 m <sup>3</sup>	112.579 m <sup>3</sup>	88.560 m <sup>3</sup>
Gesamt	781.833 m <sup>3</sup>	978.739 m <sup>3</sup>	486.086 m <sup>3</sup>

Die Zuflüsse zur Talsperre zeigten sich zwar gegenüber dem Vorjahr verbessert, lagen allerdings bezogen auf „normale“ Jahre bis 2016 lediglich bei ca. 45 % der üblichen Zuflussmengen.

Das Berichtsjahr 2019 ist mit  $N = 626 \text{ mm}$  (vgl. Diagramm Nr.1) bezogen auf den Mittelwert von  $622 \text{ mm/a}$  als Normaljahr zu bewerten. Der Jahresniederschlag lag im Berichtszeitraum 0,5 % über dem Mittelwert der letzten 29 Jahre. Die Gesamtniederschlagsmenge im Berichtszeitraum betrug somit im Einzugsgebiet der Steinbachtalsperre  $11,78 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ . Bezogen auf den v.g. registrierten Zufluss kann festgestellt werden, dass im Wasserwirtschaftsjahr 2019 rd. 6,6 % des Niederschlages dem Staubecken zugeflossen sind. Im Vorjahr lag dieser Wert bei 9,6 %

Die Entwicklung der Jahresniederschläge seit Wiederinbetriebnahme der Steinbachtalsperre ist in Diagramm Nr.1 erfasst.

In Diagramm Nr.2 sind die monatlichen Summenlinien der letzten 10 Jahre dargestellt. Die Summenlinie des Wasserwirtschaftsjahres 2019 zeigt, dass sich die Niederschlagssummen

im mittleren Rahmen der Vergleichsjahre bewegte, ohne dass sich größere Ausreißer nach oben oder unten zeigten.

Der Monat mit der höchsten Niederschlagssumme war der Mai mit 88,1 l/m<sup>2</sup> Niederschlag.

Folgende Starkniederschläge mit Tagesmengen > 25 mm, bezogen auf den Messzyklus von 24 Stunden wurden registriert:

- 27.07.2019 N = 37,1 mm

Der v.g. Starkniederschlag trat in einer retentionsstarken Zeit auf und führte lediglich zu einem Anstieg im Staubecken um  $dz = 2$  cm.

Die Darstellung der Niederschläge und des Abschlagverhaltens der Hochwasserentlastungsanlage kann Diagramm Nr.3 entnommen werden. Die Hochwasserentlastungsanlage sprang im Berichtszeitraum gemäß dem Kriterium  $Z > 278,70$  müNN nicht an. Vollstau  $Z_v$  wurde ebenfalls nicht erreicht

Der maximale Sperrenstand wurde am 18./19.03.2019 sowie am 24.05.2019 mit  $Z_{max,2019} = 278,54$  müNN gemessen.

Das Freibord der Stauanlage wurde nicht in Anspruch genommen.

## 2.2 Speicherbewirtschaftung

Entsprechend Betriebsplan ist es vorgesehen, das Speicherbecken mit einer Dauerstauhöhe von 278,70 mNN = Stauziel zu bewirtschaften, da ein Retentionsraum zur Abflachung möglicher Hochwasserwellen nicht zur Verfügung gehalten werden muss. Im Winter 1994/95 senkte der Betreiber erstmals den Dauerstau um 1,50 m ab, um außerplanmäßig Hochwasserschutzraum zur Verfügung zu stellen. Das Vorgehen war mit der Talsperrenaufsicht der BR Köln abgestimmt.



Im Berichtszeitraum wurde der Speicher aufgrund der geringen Zuflüsse des Vorjahres nicht abgesenkt betrieben. Der im Mittel verfügbare Hochwasserschutzraum betrug 193.500 m<sup>3</sup>. Aufgrund der geringen Zuläufe in Verbindung mit normal großen Entnahmen erreichte der Hochwasserschutzraum Anfang Dezember 2018 mit  $I = 394.554$  m<sup>3</sup> sein Jahresmaximum. Alle Zulaufspitzen des Berichtsjahres wurden vollständig vom Becken retendiert.

Der mittlere Stauspiegel der Steinbachtalsperre befand sich im Wasserwirtschaftsjahr 2019 bei  $Z_{m,2019} = 277,70$  müNN und lag damit um 2 cm unter dem Vergleichswert des Vorjahres ( $Z_{m,2018} = 277,70$  müNN).



Folgende Rohwasserentnahmen sind im Betriebstagebuch des Betreibers dokumentiert:

	Entnahme 1	Entnahme 2	Summe
<b>2019</b>			
November	19.288 m <sup>3</sup>	14.851 m <sup>3</sup>	34.139 m <sup>3</sup>
Dezember	18.970 m <sup>3</sup>	13.946 m <sup>3</sup>	32.916 m <sup>3</sup>
Januar	17.597 m <sup>3</sup>	13.306 m <sup>3</sup>	30.903 m <sup>3</sup>
Februar	14.461 m <sup>3</sup>	11.458 m <sup>3</sup>	25.919 m <sup>3</sup>
März	9.324 m <sup>3</sup>	7.483 m <sup>3</sup>	16.807 m <sup>3</sup>
April	8.823 m <sup>3</sup>	6.996 m <sup>3</sup>	15.819 m <sup>3</sup>
Mai	6.844 m <sup>3</sup>	7.839 m <sup>3</sup>	14.683 m <sup>3</sup>
Juni	8.723 m <sup>3</sup>	7.697 m <sup>3</sup>	16.420 m <sup>3</sup>
Juli	16.064 m <sup>3</sup>	11.750 m <sup>3</sup>	27.814 m <sup>3</sup>
August	9.794 m <sup>3</sup>	7.247 m <sup>3</sup>	17.041 m <sup>3</sup>
September	10.558 m <sup>3</sup>	7.699 m <sup>3</sup>	18.257 m <sup>3</sup>
Oktober	11.357 m <sup>3</sup>	7.943 m <sup>3</sup>	19.300 m <sup>3</sup>
<b>Gesamt 2019</b>	<b>151.803 m<sup>3</sup></b>	<b>118.215 m<sup>3</sup></b>	<b>270.018 m<sup>3</sup></b>
2007	117.355 m <sup>3</sup>	111.137 m <sup>3</sup>	228.492 m <sup>3</sup>
2008	148.342 m <sup>3</sup>	100.567 m <sup>3</sup>	248.909 m <sup>3</sup>
2009	78.774 m <sup>3</sup>	41.887 m <sup>3</sup>	120.661 m <sup>3</sup>
2010	128.047 m <sup>3</sup>	104.351 m <sup>3</sup>	232.398 m <sup>3</sup>
2011	53.971 m <sup>3</sup>	96.203 m <sup>3</sup>	150.174 m <sup>3</sup>
2012	68.542 m <sup>3</sup>	144.363 m <sup>3</sup>	212.905 m <sup>3</sup>
2013	80.824 m <sup>3</sup>	164.776 m <sup>3</sup>	245.600 m <sup>3</sup>
2014	118.836 m <sup>3</sup>	105.349 m <sup>3</sup>	224.185 m <sup>3</sup>
2015	90.708 m <sup>3</sup>	70.784 m <sup>3</sup>	161.492 m <sup>3</sup>
2016	122.621 m <sup>3</sup>	104.499 m <sup>3</sup>	227.120 m <sup>3</sup>
2017	138.209 m <sup>3</sup>	103.987 m <sup>3</sup>	242.196 m <sup>3</sup>
2018	181.512 m <sup>3</sup>	141.614 m <sup>3</sup>	323.126 m <sup>3</sup>

Die Entnahme von 270.018 m<sup>3</sup> im Berichtsjahr stellt einen überdurchschnittlichen Wert für den betrachteten 13 – Jahres – Zeitraum mit einer mittleren Entnahme von 218.000 m<sup>3</sup> dar.

Die Entnahmekquote ist mit 32,9 %, bezogen auf den Jahreszufluss von über 978.739 m<sup>3</sup> geringer als Vorjahr, als sie aufgrund der extrem niedrigen Zuflüsse 49,7 % erreichte.

### 2.3 Betriebliche Störfälle

Gemäß Tagebuch des Betreibers ergaben sich im Berichtszeitraum folgende Störfälle:

⇒ siehe Abschnitt 1.3

### 3. Zustand und Sicherheit der Talsperre

#### 3.1 Auswertung und Beurteilung der Kontrollmessungen

Von Betreiberseite wurden die Meßergebnisse für den Beobachtungszeitraum 01.11.2018 – 31.10.2019 zur Verfügung gestellt und mit den beim Unterzeichner gespeicherten Daten seit 1990 verknüpft, so dass mittlerweile 10.958 Datensätze mit bis zu 195 Einzelwerten in die Auswertung einfließen.

Folgende Messrhythmen sind feststellbar:

- |                             |                |                           |
|-----------------------------|----------------|---------------------------|
| • Meteorologische Messungen | Niederschläge  | Täglich                   |
| • Pegelbeobachtungen        | Stauspiegel    | Täglich                   |
|                             | Zu- und Ablauf | Täglich (Schreibpegel)    |
| • Hydraulische Messungen    | Brunnen        | Montag, Mittwoch, Freitag |
|                             | Piezometer     | Wöchentlich               |
|                             | Sickerwasser   | Montag, Mittwoch, Freitag |
| • Deformationsmessungen     | Setzung        | Jährlich                  |
|                             | Verschiebung   | Jährlich                  |

Die Vorgaben der Betriebsvorschrift wurden eingehalten.

##### 3.1.1 Meteorologische Größen

Siehe Ausführungen Ziffer 2.1.

##### 3.1.2 Pegelbeobachtungen

Unterlagen über die an den Pegeln im Zu- und Ablauf gemessenen Abflüsse sind vollständig vorhanden; Kontrollen zwischen den Ergebnissen des digitalen Pegelmessgerätes und den Lattenpegeln wurden regelmäßig durchgeführt.

Die maximalen Zuläufe wurden gemäß Diagramm Nr.5 wie folgt aufgezeichnet:

- |                    |                         |             |
|--------------------|-------------------------|-------------|
| • Pegel Steinbach  | 11.02.2019              | Q = 391 l/s |
| • Pegel Treuenbach | 11.02.2019 / 22.05.2019 | Q = 26 l/s  |

Die Zuflüsse wurden aus Tagesmittelwerten errechnet.

Die o.g. Zuflüsse führten zu nicht Vollstau und somit auch nicht zum Anspringen der Hochwasserentlastungsanlage.

Seit dem 01.07.2004 werden die Werte des Ablaufpegels ebenfalls durchgängig dokumentiert. Die Mindestabgabe von  $Q_{ab} = 3$  l/s wurde nicht unterschritten, der zulässige, geregelte Höchstabfluss von  $Q = 500$  l/s wurde im Berichtszeitraum nicht überschritten.

Der registrierte Maximalabfluss betrug am an mehreren Tagen  $Q = 142$  l/s im errechneten Tagesmittel und korrespondiert mit dem Wert der Zulaufpegel unter Ansatz des direkten Einzugsgebietes der Talsperre und der Retentionswirkung des Staubeckens. Die Pegelganglinie ist in Diagramm Nr. 6 abgebildet.

### 3.1.2.1 Beckenwasserstände

Die Beckenwasserstände wurden im Beobachtungszeitraum zwischen minimal 275,86 müNN und maximal 278,54 müNN registriert. Die Messwertaufnahme erfolgte kontinuierlich über den Druckluftpegel und durch Kontrollablesung der Pegellatte

Die Beckenwasserstände lagen damit i.M. bei 277,34 müNN und um 0,36 m unter der mittleren Stauspiegelhöhe des Vorberichtszeitraumes. Spiegelabsenkungen ergaben sich als Folge der Abgabe von Brauchwasser und während der Phasen der Grundablassöffnung von 3 – 7 % zwischen dem 11.02.2019 und dem 26.02.2019, vom 05.03. – 01.04.2019 und vom 06.05.2019 bis zum 31.05.2019.

### 3.1.2.2 Unterwasserstände

Der maximale am Ablaufpegel aufgezeichnete Abfluß betrug im Berichtszeitraum  $Q = 142$  l/s als Tagesmittelwert und wurde durch das partielle Öffnen des Grundablasses ausgelöst.

Entsprechend genehmigtem Betriebsplan vom 09.07.2002 ist die geregelte Abgabe am Ablaufpegel – ohne Erreichen des Stauzieles – auf  $Q_{ab} = 500$  l/s zu beschränken. Es sind somit keine Abweichungen zum Betriebsplan aufgetreten. Die im Betriebsplan festgelegt Mindestabgabe von 3 l/s wurde im Berichtszeitraum ebenfalls nicht unterschritten.

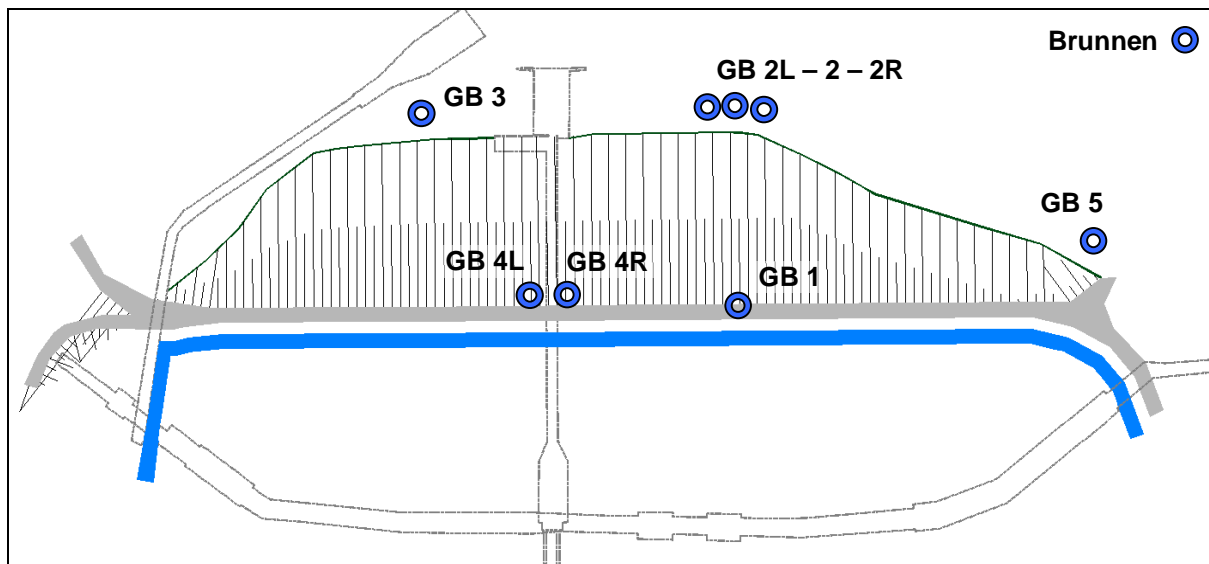


Abbildung: Hochwasserentlastungsanlage außer Betrieb

### 3.1.3 Hydraulische Messungen

#### 3.1.3.1 Wasserspiegelhöhen

Die Steinbachtalsperre ist mit insgesamt 8 Grundwasserbeobachtungsbrunnen zur Kontrolle von Unter- und Umströmungen ausgestattet.



#### GB 1

Der Brunnen ist auf der Dammkrone ca. 45 m rechts der Achse Grundablass angeordnet. Er ist der einzige Beobachtungsbrunnen im Bereich der Dammachse.

Die Brunnenganglinie ist in Diagramm Nr.7 dargestellt. Hiernach wird der Brunnenwasserstand sichtbar vom Stauspiegel geprägt, wie sich neben der generellen Formübereinstimmung der Ganglinien auch deutlich bei

Abbildung: Brunnenkopf GB 1 als Unterflur – Brunnen in der Dammkrone

schnellen Stauspiegeländerungen zeigt. Das unterschiedliche Niveau zwischen Winter- und Sommerstau in den Vorjahren lässt sich in der Ganglinie genauso erkennen wie das langsame Absinken des Beckenwasserstandes nach dem Stauspiegelmaximum im März 2019. Der gemäß Abstimmung mit der Aufsichtsbehörde vorgenommene Verschluss der Entlastungsöffnungen im Kontrollgang und der hieraus resultierende Anstieg des Wasserstandes zwischen den Dichtungen um rund 2 m hatte auch zu einem um ca. 10 cm höheren Mittel – Wasserstand im Brunnen GB1 geführt. Im Berichtsjahr ist der Brunnenwasserstand in insgesamt niedrigerer Höhe zum Vorberichtszeitraum ausgefallen und lag in der Spitze unterhalb der bisher beobachteten Höchststände. Dieses Verhalten entspricht dem bisherigen Zu-

sammenhang, da im Berichtsjahr der mittlere Stauspiegel nur um 34 cm unter dem Vergleichswert des Vorjahres festgestellt wurde. Die Differenz des Mittelwasserstandes am Beobachtungsbrunnen betrug zwischen 2018 und 2018 dh = - 5 cm.

Die Analogie zwischen der Brunnenganglinie und dem Höhenverlauf des Stauspiegels im Becken wird auch durch den Zusammenhang zwischen Wasserstand im Brunnen und dem Wasserdruck an der Aufstandsfläche der Herdmauer (vgl. Diagramm Nr.7) bestätigt. Der im Berichtsjahr beobachtete maximale Gradient zwischen Herdmauer (KB 5L) und Brunnenmessstelle betrug  $i = dh/dL = (268,75 - 263,89) = 4,86 \text{ m} / 48,7 \text{ m} = 0,100$  und liegt somit innerhalb des Prognosebereiches von  $0,04 < i < 0,15$  des Gutachtens Weinhold 1988 (vgl. Heft 4, S.12), das der Instandsetzungsmaßnahme / Bemessung des Absperrdammes zugrunde liegt.

Niederschlagseinwirkungen bedingen weiterhin selbst bei den registrierten Starkregen wie z.B. am 27.07.2019 nur geringfügige Änderungen der Brunnenganglinie im cm – Bereich. Dies entspricht der langjährigen Beobachtung dieser Messeinrichtung.

Der Brunnen ist aus Sicht des Unterzeichners unverändert ein sensibles Messinstrument zur Beobachtung von Wasserstandseinflüssen aus dem Stauraum, das nur in Ausnahmefällen durch Niederschläge beeinflusst wird.

Diagramm Nr.8 untersucht in Form einer Korrelationsanalyse den Zusammenhang zwischen Beobachtungsbrunnen sowie den äußeren Einflüssen aus Stauspiegel und Niederschlag. Das Berichtsjahr zeigte hierbei nur eine gute Übereinstimmung zwischen den Messwerten von Stauspiegel und Brunnenwasserstand, was sich auch durch ein Bestimmtheitsmaß von  $R^2 = 0,80$  und den Verlauf der Trendgeraden dokumentierte. Der Vergleichswert der Vorjahre betrug  $R^2 = 0,23$  (2017) bzw.  $R^2 = 0,92$  (2018). Eine Begründung für die wieder deutlich verbesserte Korrelation zwischen 2017 und 2018 lässt sich aus der Feststellung ableiten, dass 2018 erstmals seit 2 Jahren wieder ein Wasserwirtschaftsjahr mit Beckenvollstau war. Da 2019 ein Niederschlagsjahr war, in dem es nicht zur Vollenfüllung des Beckens kam, ist der geringe Rückgang der Korrelationsgüte zu erwarten gewesen.

Der Beckenspeicher überlagert in Zeiträumen guter Füllhöhen und längerer Füllungszeiten die aus dem Grundwasser generierten Sickerwasserstände, so dass Zusammenhänge zum Beckenwasserstand bei niedrigen mittleren Beckenwasserständen geringer sichtbar werden. Im Umkehrschluss heißt dies aber auch, dass bei absinkendem Grundwasserspiegel die Überlagerung des Wasserspiegels in der Messeinrichtung geringer ausfällt. 2019 zeigte zwar einen niedrigen mittleren Wasserstand im Staubecken, aber auch weiter abgesunkene Wasserstände in den Brunnen, so dass die Beeinflussung der Brunnenwasserstände durch den Stauspiegel deutlich dominiert wurde.

Eine Korrelation zwischen Brunnen GB 1 und Niederschlag ist unverändert nicht nachweisbar, wie der Koeffizient der Anpassungsgüte mit  $R^2 = 0,0059$  deutlich belegt. Dies wird auch nicht durch die Starkniederschlagseinwirkungen, die sich in der Brunnenganglinie zeigen, verändert.

Die Korrelation von Brunnen Spiegel und dem Wasserstand zwischen den Dichtungen, dargestellt durch den Piezometer KB 5L liegt auch in diesem Berichtsjahr mit  $R^2 = 0,74$  im Gütebereich der Beziehung zum Beckenwasserstand, so dass der Brunnen als Redundanzmesseinrichtung zu den Piezometern (und umgekehrt) genutzt werden kann.

Die Brunnenwasserstände verlaufen im Berichtsjahr auf leicht fallendem Niveau, wie aus der Darstellung der Langzeitganglinie des Diagramms Nr.9 sichtbar wird. Die fallende Neigung der Teiltrendgeraden für den 3- Jahreszeitraum im Vergleich zur Gesamttrendgeraden belegt, dass das Berichtszeitraum 2017 - 2019 hinsichtlich Beckenwasserstand und Niederschlag einem normalen bis trockenen Abschnitt im Vergleich im betrachteten 30 a – Zeitraum entspricht. Jahre mit überdurchschnittlichem Niederschlag, allerdings primär im Winterhalbjahr, beeinflussen den Brunnen zwar nicht durch das Einzelereignis, jedoch durch den hieraus induzierten, erhöhten Grundwasserstand, so dass dann auch die Teil- Trendgerade

einen Anstieg ausweist. Im den letzten 5 Berichtsjahren waren die Winterhalbjahre zu trocken, so dass die Trendgerade erwartungsgemäß einen fallenden Verlauf zeigt.

Der Wasserstand erreichte im Berichtsjahr mit max. 263,89 mNN und verblieb deutlich unter dem bisher beobachteten Maximum (2010: 264,01 mNN) seit Wiederinbetriebnahme der Talsperre. Er liegt damit weiterhin deutlich unter dem Grenzwert  $WSP_{zul} = 272,00$  mNN. Der Brunnenwasserstand kann somit als für die Talsperrensicherheit unbedenklich eingestuft werden.

## GB 2

Der Brunnen ist ca. 5 m unterhalb des luftseitigen Dammfußes und ca. 30 m rechts des Tosbeckens angeordnet.

Die Brunnenganglinie ist in Diagramm Nr.10 dargestellt. Hiernach wird der Brunnenwasserstand unverändert durch den Stauspiegel beeinflusst, wie sich aus der Wiedergabe aller wesentlichen Ganglinien – Spitzen sowie des Gesamtverlaufes ableiten lässt. Weiterhin zeigt die Ganglinie den bekannten Sommer – Winter – Rhythmus, der neben der Beeinflussung aus dem Stauspiegel auch den Zusammenhang mit der Grundwasserganglinie bzw. der jahreszeitlichen Grundwasserneubildung belegt.

Die Analogie zwischen der Brunnenganglinie und dem Druckverlauf der Piezometer bestätigt den v.g. Zusammenhang zwischen Wasserstand im Brunnen und dem Wasserdruck an der Aufstandsfläche der Herdmauer (vgl. Diagramm Nr.10). Der Gradient zwischen Herdmauer und Brunnenmessstelle beträgt maximal  $i = dh/dL = 6,43/104 = 0,062$  und liegt somit unverändert innerhalb des Prognosebereiches von  $0,04 < i < 0,15$  des Gutachtens Weinhold (vgl. Heft 4, S.12).

Niederschlagseinwirkungen sind wie in den Vorjahren bei Starkregenereignissen als lokale, aber in der Größe nur schwach ausgeprägte Spitzen sichtbar.

Diagramm Nr.11 belegt in Form einer Korrelationsanalyse den Zusammenhang zwischen Beobachtungsbrunnen und Stauspiegel. Die Korrelationsfunktion mit einem Bestimmtheitsmaß von  $R^2 = 0,74$  liegt unterhalb des Vorjahreswertes, für den  $R^2 = 0,91$  ermittelt wurde. Die etwas geringere Korrelation begründet sich wiederum aus dem Verhältnis des insgesamt tief abgesunkenen Grundwasserspiegels, der die Einflüsse des im Mittel niedrigeren Beckenwasserstandes 2019 teilweise etwas sichtbarer überlagert hat.

Eine Korrelation zwischen Brunnen und Niederschlag ist trotz der in der Ganglinie erkennbaren Reaktion auf Starkregen nicht gegeben, so dass auch GB 2 ein gutes Instrument zur Überwachung des Dammes und seiner Dichtungselemente darstellt, da keine Messwertverfälschungen durch Regeneinwirkungen auftreten.

Der Zusammenhang zu den Piezometern  $KB_i$  bestätigt sich auch in dieser Darstellungsform, wobei aufgrund des niedrigeren Grundwasserstandes ein qualitativ guter Zusammenhang, der sich mit einem Korrelationskoeffizienten von  $R^2 = 0,66$  gering unterhalb der Höhe des Vergleichswertes beim Stauspiegel ausdrückt, sichtbar ist.

Die Brunnenwasserstände sind im Berichtszeitraum weiter rückläufig, wie aus der Langzeitdarstellung des Diagramms Nr.12 sichtbar wird. Das Maximum des Berichtsjahres lag mit 262,32 mNN um 7 cm unterhalb des bisher beobachteten Höchststandes.

Die Messstelle zeigt keine sicherheitsrelevanten Auffälligkeiten.

## GB 2 L

Zur Ergänzung der Beobachtungen am Brunnen GB 2 hat der Betreiber im November 1995 rechts und links 2 zusätzliche Brunnen GB 2L und GB 2R in Eigenleistung erstellt.

Die Brunnenganglinie des linken Brunnens ist in Diagramm Nr.13 dargestellt. Hiernach wird der Brunnenwasserstand im Berichtsjahr nur eingeschränkt durch den Stauspiegel beeinflusst, da die Brunnenfüllphase im Spätsommer ohne analogen Anstieg des Beckenwasserstandes erfolgte.

Niederschlagseinwirkungen in Form von Starkregen, sind weiterhin vereinzelte Einflussparameter dieses Brunnens, wie aus dem Starkregen am 27.07.2020 abgeleitet werden kann, der zu einem Anstieg des Pegelstandes um 10 cm führte. Das für das Jahr gültige Beobachtungsmaximum von 261,36 mNN wurde hierbei durch länger anhaltende Niederschlagsereignisse im März 2020 verursacht. Das bisher gültige Maximum seit Beobachtungsbeginn wurde im Berichtszeitraum um 33 cm unterschritten und bestätigt wiederum den abgeminderten Einfluss aus einem niedrigen Beckenwassermittelstand.

Diagramm Nr.14 belegt auch in Form einer Korrelationsanalyse, dass im Berichtsjahr der Zusammenhang zwischen Beobachtungsbrunnen und Stauspiegel nur abgeschwächt vorhanden ist. Der Korrelationswert zum Beckenwasserstand, der im Jahr 2011 noch  $R^2 = 0,88$  betrug, erreichte im jetzigen Betrachtungszeitraum nur noch  $R^2 = 0,44$  und war damit gegenüber dem Vorjahreswert ( $R^2 = 0,09$ ) wieder verbessert. Die bisherige Schlussfolgerung ging dahin, dass der Brunnen nur in Zeiträumen mit deutlich abgesenktem Grundwasser zu den aussagekräftigen Messinstrumenten der Talsperre gehört. Im Normalfall sind die Brunnenmesswerte durch Grundwasser überlagert, was in diesem Berichtsjahr nicht der Fall war, da das Jahr hinsichtlich seiner Niederschlagssumme zwar Trockenjahr zu werten ist, aber die schon seit längerem beobachtete Absenkung des Grundwasserspiegels nicht ausgleichen konnte.



Abbildung: Brunnen GB 2L und GB2 am luftseitigen Dammfuß

Die Korrelation zum Niederschlag an sich ist aus dem Vergleich zwischen Niederschlags- und Wasserstandsspitzen der Ganglinien nachvollziehbar, eine direkte Funktion zwischen der Größe des Niederschlags und der Höhe des Wasserstands im Brunnen lässt sich im Berichtsjahr aus dem gegenüber Vorberichten ähnlich ausfallendem Bestimmtheitsmaß von  $R^2 = 0,0021$  mathematisch – statistisch nicht mehr nachvollziehen.

Die Brunnenwasserstände bewegen sich im Berichtsjahr unterhalb des Vorjahres (Diagramm Nr.15), wobei sich die Streubreite der Messwerte mit 41 cm in etwa konstant blieb. Der Brunnen hat somit den im Bericht 2006 erstmals geschilderten Wirksamkeitsverlust in diesem Wasserwirtschaftsjahr im Berichtsjahr nicht gezeigt. Mehrfach wurden Impulse aus kurzfristigen Stauspiegeländerungen als Auslöser für Reaktionen am Brunnenwasserstand identifiziert. Zu den Auslösern der Reaktivität gehörte bisher auch das Absinken des Ba-

sis- Grundwasserstandes unter einen Grenzwert von ca. 261 müNN, was in diesem Jahr mit minimal 260,95 müNN wieder beobachtet werden konnte.

Die Messstelle zeigt somit keine sicherheitsrelevanten Auffälligkeiten

### GB 2 R

Die Brunnenganglinie des rechts von GB2 angeordneten Brunnens ist in Diagramm Nr.16 dargestellt. Die Messstelle verhält sich nicht analog zum benachbarten Brunnen GB 2L und zeigt Einflüsse sowohl aus dem Stauspiegel als auch aus Starkniederschlägen. Die Wiedergabe des Stauspiegels ist in GB 2R besser ausgebildet als beim benachbarten Brunnen GB 2L.

Diagramm Nr.16 belegt die Zusammenhänge zwischen dem Wasserstand im Beobachtungsbrunnen sowie den Messwerten der Piezometer in Form eines qualitativ ähnlichen Ganglinienverlaufes.

Diagramm Nr.17 zeigt mittels Korrelationsanalyse hiervon abweichend, dass im Berichtsjahr nur ein geringerer Zusammenhang zwischen Beobachtungsbrunnen und Stauspiegel besteht. Gegenüber dem Vorbericht hat sich die Anpassungsgüte mit  $R^2 = 0,32$  (0,78) auf vergleichbarem Niveau der Berichte bis 2016 eingestellt, so dass auch hier der Einfluss des weiterhin niedrigeren Grundwasserstandes in Verbindung mit einem niedrigen mittleren Stauspiegel nachvollziehbar ist.

Die Korrelation zum Niederschlag ist aus dem Vergleich zwischen Niederschlags- und Wasserstandsspitzen der Ganglinien nachvollziehbar. Eine direkte Funktion zwischen der Größe des Niederschlags und der Höhe des Wasserstands im Brunnen ist gemäß Korrelationsanalyse mit einem Bestimmtheitsmaß von  $R^2 = 0,0068$  nicht nachweisbar.

Der Zusammenhang zu den durch die Piezometer dargestellten Wasserstand zwischen den Dichtungen ist durch einen Korrelationswert von  $R^2 = 0,34$  (0,74) belegt. Auch hier hat der weiter abgesunkene Grundwasserstand seinen Einfluss gegenüber dem Stauspiegel als Initial verloren. Lediglich der im Berichtsjahr niedrige mittlere Beckenwasserstand dämpft hier die Korrelationswerte.

Der in Diagramm Nr.18 dargestellte Langzeitverlauf des Brunnenwasserstandes zeigt, dass im Berichtsjahr kein neues Maximum für den 20-jährigen Beobachtungszeitraum erreicht wurde. Wasserstände und Amplituden der Ganglinie zeigen sich seit nun mehr 10 Jahren im Wesentlichen gleichartig. Das Maximum des Berichtsjahres lag mit 263,22 mNN um 33 cm unterhalb des bisher beobachteten Höchststandes im Brunnen.

Die Messstelle zeigt keine sicherheitsrelevanten Auffälligkeiten.

### GB 3

Der Brunnen ist ca. 10 m unterhalb des luftseitigen Dammfußes und ca. 30 links des alten Tosbeckens angeordnet.

Der Wasserstand im Brunnen zeigt nach wie vor die bekannte Abhängigkeit vom Niederschlag. Alle größeren Niederschläge sind in der Ganglinie des Brunnens sichtbar.

Stauspiegeländerungen in den die Phasen von An- und Abstau, führen gemäß Diagramm Nr.19 zu einer Beeinflussung des Brunnenwasserstandes, wie auch aus dem zeitlich gleichen Anstieg der Ganglinie im Vergleich zum Stauspiegel abgeleitet werden kann. Die Wellenform der Brunnenganglinie entspricht jedoch primär dem jahreszeitlichen Schwankungsverlauf des Grundwasserspiegels, wie aus der nachfolgenden Langzeitbetrachtung gemäß Diagramm Nr.21 noch deutlicher hervortritt.

Die Ganglinien zeigen wie bereits in den Vorjahren einen Ausschlag bei genügend großen Niederschlagsereignissen, wobei dem schnellen "Füllen" des Brunnens jeweils ein langsam



absteigender "Ablauf" folgt. Weiterhin zeigt der Ganglinienvergleich von Brunnen und Stauspiegel in der Langzeitbetrachtung, dass sich die Füllphasen des Brunnens zeitverschieben einstellen. Dies deutet darauf hin, dass der Brunnen im Wesentlichen von der jahreszeitlich ablaufenden Schwankung des Grundwasserstandes bzw. der Grundwasserneubildung sowie dem durch Regen bedingten Zufluss beeinflusst wird.

Diese Annahme wird auch durch den Vergleich des Brunnenwasserstandes mit der Ganglinie der Piezometer gemäß Diagramm Nr.19 bestätigt, das ebenfalls eine nur geringe Bindung des Brunnens an den Druckverlauf unterhalb der Herdmauer sowie des Stauspiegels aufzeigt.

Diagramm Nr.20 bestätigt mittels Korrelationsanalyse, dass ein im Berichtsjahr stärker ausgeprägter Zusammenhang zwischen Beobachtungsbrunnen und Stauspiegel besteht, jedoch immer noch unterhalb der Vergleichswerte der anderen Brunnen. Durch den gegenüber 2018 erneut verminderten Grundwasserstand käme es im Normalfall es zu einer verbesserten Sichtbarkeit der Beeinflussung der Messstelle durch den Beckenwasserstand. Dies wird jedoch durch den verringerten mittleren Beckenwasserstand gegenläufig wieder gedämpft.

Die Korrelation zum Niederschlag ist zwar wiederum aus dem Vergleich zwischen Niederschlags- und Wasserstandsspitzen der Ganglinien nachvollziehbar, eine direkte Funktion zwischen der Größe des Niederschlags und der Höhe des Wasserstands lässt sich aber auch bei diesem Brunnen nicht ableiten, da nur Starkregen die Messstelle maßgebend beeinflussen.

Die Brunnenwasserstände bewegen sich im Berichtszeitraum auf analogem Niveau im Vergleich zu den Vorjahren (Diagramm Nr.21) ohne jedoch die absoluten Spitzenwerte der Beobachtungsreihe zu erreichen. Diese lagen um 49 cm über dem Maximum des Berichtsjahres. Die Gesamttendenz ist daher rückgängig. Die jahreszeitlichen Schwankungen des Brunnens belegen auch in dieser Darstellung die Abhängigkeit zum Grundwasserstand, die sich auch im Berichtsjahr fortgesetzt hat.

Die Messstelle zeigt keine sicherheitsrelevanten Auffälligkeiten.

#### GB4 L / GB 4 R



Die Brunnen GB 4 sind als geschlossene Piezometer im Grundablaßkanal ausgebildet und erfassen als Horizontalbohrung jeweils die Dammaufstandsflächen links und rechts des Grundablaßkanals. Die Wasserstände werden hierbei nicht über Manometer, sondern über transparente Schlauchleitungen im Kontrollgang abgelesen.

Aufgrund ihrer Lage in der Dammachse sind sie somit neben dem Brunnen GB 1 auf der Dammkrone die einzigen hydrometrischen Messpunkte, die Wasserstände im Dammkörper luftseitig der alten Lehmdichtung registrieren.

GB 4 L (Diagramm Nr.22) zeigte im jetzigen Betrachtungszeitraum einen ähnlichen Ganglinienverlauf zum Stauspiegel.

Im Berichtsjahr hat sich der Brunnen wiederum, wie auch schon durchgängig seit Januar 2012, durch den Beckenwasserstand nachvollziehbar beeinflussen lassen. Es ergibt sich auch hier die Schlussfolgerung, dass ein deutlich abgesenkter oder zumindest nicht zu hoher

Grundwasserstand ursächlich für die Verbindung der Wasserstände im Becken und an der Messstelle GB 4 ist. Der Betrieb des Grundablasses stellt für die Messstelle nach wie vor einen deutlichen Einflussfaktor dar, wie aus den Auswertungen schon der Vorjahre nachvollzogen werden konnte. Im Berichtsjahr wurde der Grundablass mehrfach geöffnet (vgl. Abschnitt 3.1.2.1).

Die Öffnung des Grundablasses wird in den Brunnenganglinien nur dann wiedergegeben, wenn die Öffnung längerfristig 3 % des RKV – Querschnitts überschreiten. Im Berichtsjahr waren diese Zeiträume insgesamt gering. Die Anhebung des Wasserstandes im Dammkörper beschränkte sich auf 3 - 4 cm in der Öffnungsphase im März 2017.

Der in Vorjahren beobachtete Zusammenhang zwischen dem Anstieg des Wasserstandes und der Betriebsdauer des Grundablasses ließ auf einen einem tendenziell stärkeren Wasserdurchtritt zwischen Entlastungskanal und Dammkörper schließen. Ursache hierfür dürften in erster Linie die nicht mehr vollständig funktionsfähigen Dichtungen zwischen den einzelnen Bauabschnitten des Kanals, insbesondere im Basisbereich der unter der Kanalsohle liegenden Entnahmeleitung, sein. Die Feststellungen seit dem Berichtsjahr 2011 belegen, dass die Fugenabdichtungen im Sohlbereich des Kanals offensichtlich in einem besseren Zustand sind, als im Bereich der Kämpfer, da nur bei höheren Abgaben durch den Grundablass Einflüsse auf die Wasserstände im Dammkörper sichtbar werden. Eine Öffnung des Grundablasses bis zu 5 % ist daher nach wie vor als unbedenklich zu bewerten.

Im Berichtsjahr erfolgten Öffnungen des Grundablasses bis 7 %.

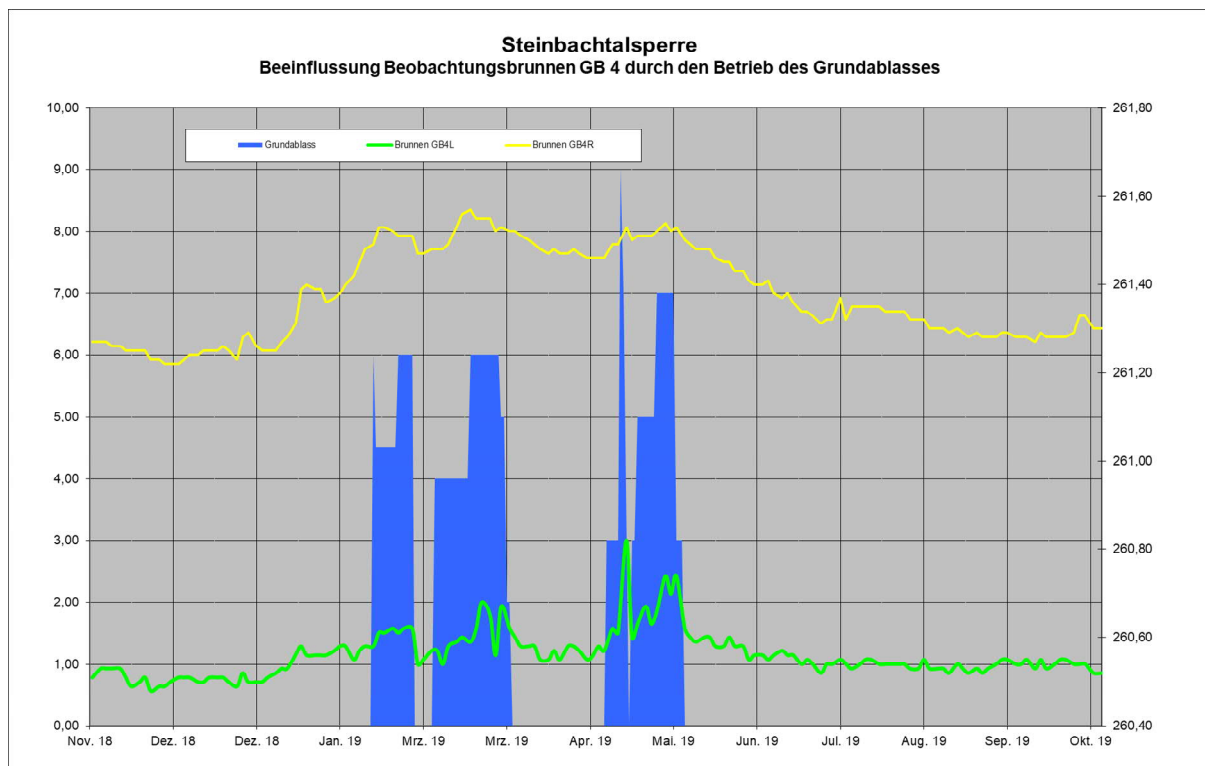




Abbildung: Grundablass in Betrieb



Abbildung: Aussinterung im Scheitelbereich an Fugen des Grundablasskanals

Die in Diagramm Nr.23 dargestellte Korrelationsuntersuchung zeigte bis zum Berichtsjahr 2004 einen deutlichen Zusammenhang zum Stauspiegelverlauf. Das Korrelationsmaß betrug in diesem Zeitraum im Regelfall mehr als  $R^2 = 0,90$ . Im jetzigen Beobachtungszeitraum wurde  $R^2 = 0,53$  (0,83) ermittelt und lag wieder etwas unter den Vergleichswerten des Vorjahres, was auch hier die Auswirkungen des eher niedrigen Mittelwasserstandes im Staubecken erkennen lässt.

Eine Korrelation zum Niederschlag war im Berichtsjahr 2018 mit  $R^2 = 0,004$  gewohnt niedrig. Die im Vorbericht 2015 ermittelten Ausreißer nach oben wurden nicht mehr beobachtet.

Der Zusammenhang zu den Messwerten der Piezometer ist wiederum, wie auch bei GB 4R, deutlich gegeben und entspricht hinsichtlich seiner Korrelation den Vergleichswerten des Beckenwasserstandes.

Die Entwicklung der Wasserstände ist in Diagramm Nr.24 aufgezeigt. Es ist erkennbar, dass sich die Verhältnisse an den Messstellen gegenüber dem Vorjahr i.w. nicht verändert haben. Die Neigung der Teiltrendgeraden für das Berichtsjahr verläuft wiederum fallend und belegt, dass Grundwasserstand und Stauspiegel die führenden Größen an diesen Messstellen sind.

Es sollte weiterhin beachtet werden, dass durch eine sensible und begrenzende Steuerung des Grundablasses zum Zweck von Stauspiegelabsenkungen negative Einflüsse auf den Dammkörper minimiert werden können. Ggf. ist mittelfristig eine Erneuerung der Fugenabdichtung im Grundablass, auch im unterliegenden Abschnitt, in dem die Entnahmeleitung verläuft, zu planen.

GB 4R (Diagramm Nr.25) verhält sich im Beobachtungszeitraum eingeschränkt analog zu GB 4L. Die Abhängigkeit zum Stauspiegel entspricht der der benachbarten Messstelle. Die Punktwolkendarstellung des Diagramms Nr. 26 zeigt hier mit  $R^2 = 0,82$  allerdings eine erhöhte Korrelation zum Beckenwasserstand. Es ist davon auszugehen, dass der Grundablasskanal für die insgesamt niedrigen Wasserstände im Dammbauwerk wie ein absperrender Querriegel wirkt. Abgesperrt wird hierbei insbesondere das über den rechten Hang in den Dammkörper eintretende Grund- und Hangwasser. Dieser Wasserzulauf ist dann allerdings für die rechte Messeinrichtung ausgeprägter wirksam als für die linke Kontrollstelle.

Niederschlagseinflüsse sind für GB4R in Analogie zum Nachbarbrunnen GB4L wie bekannt nicht gegeben. Die Langzeitbetrachtung (Diagramm Nr.27) zeigt, dass sich gegenüber dem Vorbericht keine Änderungen ergeben haben.

Die Beobachtungsbrunnen im Kreuzungspunkt Dammachse - Grundablass zeigen keine sicherheitsrelevanten Auffälligkeiten.

#### GB 5

Der Brunnen ist im Bereich der rechten oberen Dammschulter ca. 5 m unterhalb des luftseitigen Dammfußes angeordnet. In Abweichung von den übrigen Brunnen wurde dieser ursprünglich als Großbohrung zur eventuellen Wassergewinnung ausgeführt, da hier der Zufluss auch maßgeblich aus den Umläufigkeiten im Bereich der geologischen Formation des "Billigwalder Quarzites" gespeist wird. Aufgrund mangelnder Fördermengen wurde von diesem Vorhaben jedoch Abstand genommen, so dass der Brunnen nur noch in die hydrometrischen Messeinrichtungen der Talsperre integriert wurde.

Die Brunnenganglinie ist in Diagramm Nr.28 dargestellt. Sie zeigt mit 273,41 mNN einen Jahresspitzenwert unwesentlich unter dem bisher beobachteten Maximum von 274,47 mNN, Es ist davon auszugehen, dass der niedrige Grundwasserzufluss rechtsseitig für den Wasserspiegelrückgang auch bei Brunnen GB 2R ursächlich ist.

Der Brunnenwasserstand GB 5 wird auch durch den Stauspiegel beeinflusst, wie aus dem Unterschied zwischen Voll- und Niedrigstauphasen sowie einzelnen Reaktionen auf Änderungen des Beckenwasserstandes nachvollzogen werden kann.

Niederschlagseinwirkungen sind wie in den Vorjahren nur vereinzelt bei Starkregenereignissen nachvollziehbar. Diagramm Nr.28 verdeutlicht auch noch einmal den bestehenden Zusammenhang zwischen dem Wasserstand im Beobachtungsbrunnen sowie der Ganglinien des Piezometers KB 8L, der allerdings einen in hohem Maße gedämpften Verlauf aufzeigt.

Diagramm Nr.29 belegt in Form einer Korrelationsanalyse den Zusammenhang zwischen Beobachtungsbrunnen und Stauspiegel. Im Berichtsjahr wird  $R^2 = 0,72$  (0,72) ausgewiesen, da sich der Einfluss aus dem niedrigen Grundwasserstand wie an den anderen Messstellen reduziert hat. Insgesamt betrachtet verhält sich der Brunnen somit konstant und erwartungsgemäß.

Eine Korrelation zwischen Brunnen und Niederschlag ist nicht in Form einer mathematischen Funktion nachweisbar.

Die Brunnenwasserstände im Berichtsjahr entsprechen im Wesentlichen denen der Vorberichtsahre, wie aus der Langzeitdarstellung des Diagramms Nr.30 sichtbar wird. Die Wellenform in Übereinstimmung der Stauphasen von Winter und Sommer sowie der Grundwasserneubildung wird wiedergegeben.

Die Messstelle zeigt keine sicherheitsrelevanten Auffälligkeiten.

#### Zusammenfassung

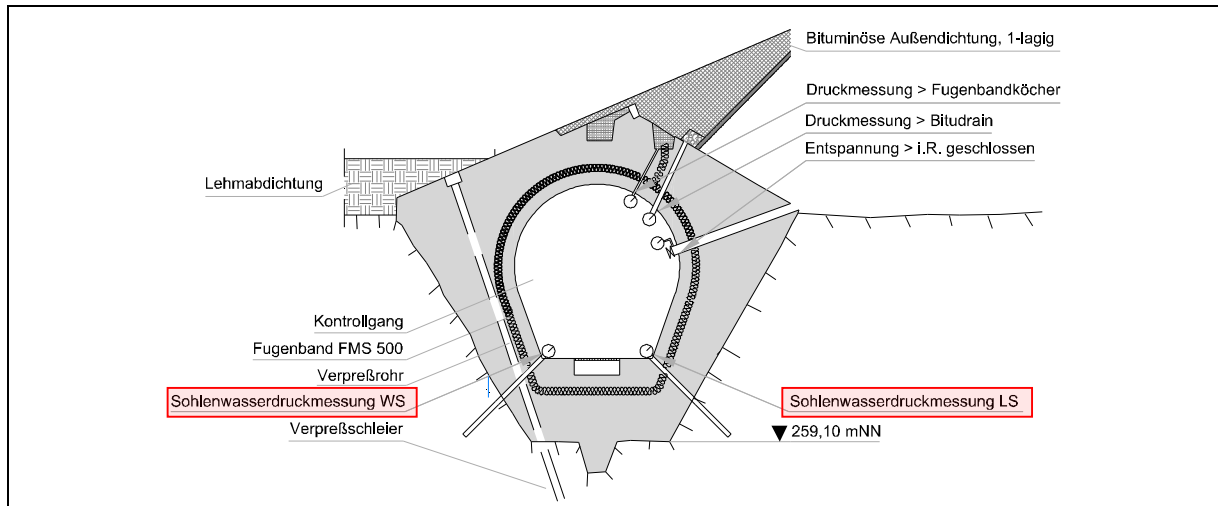
Die Diagramme Z1 und Z3 zeigen als Mittelwertbetrachtung die Brunnenwasserstände in Bezug zu den mittleren Stauspiegeln bzw. die Abminderung gegenüber dem Beckenwasserstand. Der um 34 cm gegenüber dem Vorberichtszeitraum verminderte mittlere Stauspiegel führt zu analogen Ergebnissen bei allen Brunnenwasserständen, die ebenfalls verringerte Mittelwerte zeigen.

Alle Brunnenwasserstände bewegen sich mit Ausnahme der Messstelle GB 5 im Bereich der Dammaufstandsfläche und sind somit unkritisch.

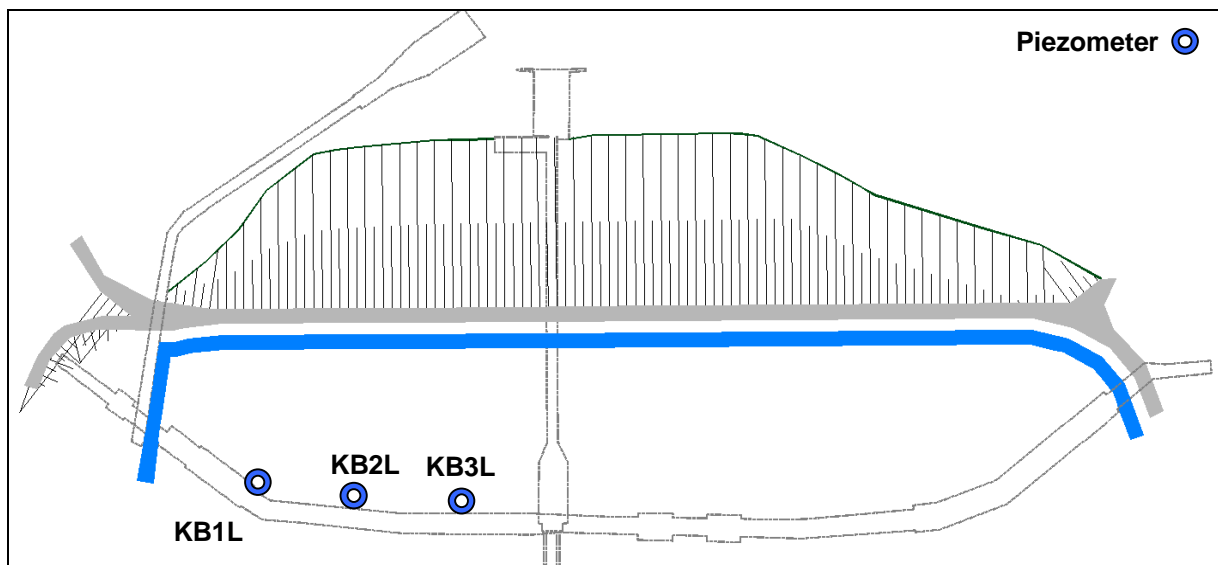
Der hohe Wasserstand im Brunnen GB 5 ist einer geologischen Besonderheit im Bereich der rechten Hangschulter zuzuordnen und ist ebenfalls ohne negativen Einfluss auf die Sicherheit des Absperrbauwerks.

### 3.1.3.2 Piezometerdruckmessungen

Die Steinbachtalsperre verfügt über insgesamt 13, im Kontrollgang angeordnete, Messstellen zur Erfassung von Sohlenwasserdrücken. 4 Piezometer sind als Schrägbohrungen zur Wasserseite vor dem Dichtungsschleier und 9 Piezometer sind als Schrägbohrungen zur Luftseite hinter dem Dichtungsschleier ausgeführt.



#### KB1L, KB2L, KB3L - linker Kontrollgang



Die Messwerte im Berichtsjahr zeigen gemäß Diagramm Nr.31 eine wiederum vergleichsweise gute Übereinstimmung mit dem qualitativen Verlauf der Stauspiegel - Ganglinie. Die im April 2001 durchgeführte Anhebung des Wasserstandes zwischen den Dichtungen durch die Verriegelung der Entspannungen erzeugten Zunahmen des Sohlenwasserdruckes von bis zu 2,0 m, wobei die niedriger gelegenen Messstellen im Taltiefsten größere Zuwächse als die hoch am Hang angeordneten Piezometer zeigten (vgl. Diagramm Nr.32). Der im Berichtsjahr eingetretene Aufstau im Becken wird durch die Ganglinien ebenso gut wiedergegeben, wie die darauffolgende langsame Absenkphase im Sommer.

Es ist ein unverändert querverlaufendes Wasserspiegelgefälle vom Hang zum Taltiefsten zu beobachten, also von KB1L in Richtung KB3L, so dass neben Unterläufigkeiten der Herd-mauer auch Hangwasser (ggf. als Umläufigkeit) als Einflussgröße festzustellen sind.

Die im Rahmen der Sanierungsplanung 1988/89 angestrebte Abminderung des Sohlenwasserdruckes um 60 % auf 40 % des Stauspiegels am luftseitigen Rand der Herd-mauer wird an den Messstellen nicht durchgängig erreicht. Die Abminderungsquoten betragen gemäß Diagramm Nr.33 zwischen 38 und 59 %. Die Messlinien, die im grünen Bereich des Diagramms verlaufen, zeigen hierbei eine planmäßige Abminderung an. Die hierin liegenden Ergebnisse sind dem Taltiefen zuzuordnen, so dass die Abdichtungswirkung im Bereich der höher belasteten Bereiche besser ist als in dem mit geringerem Wasserdruck beaufschlagten Hangbereich.

KB 1L überschreitet diesen in der Herd-mauer – Bemessungsstatik verwendeten Ansatz in geringem Maße. Die Nachrechnung dieser Statik im Rahmen der vertieften Sicherheitsüberprüfung im Jahr 2008 hat jedoch belegt, dass die abweichende Sohlenwasserdruckverteilung für die Standsicherheit der Herd-mauer sowie eine mögliche Verformung am Anschlusspunkt der Asphaltaußendichtung an die Betonkonstruktion unkritisch ist. Die gemessenen Wasserdrücke und deren prinzipielle Konstanz seit Wiederinbetriebnahme der Talsperre belegen, dass die tatsächlichen Verformungen dem theoretischen Ansatz entsprechen, so dass keine Ausweitung von Leckagen feststellbar ist.

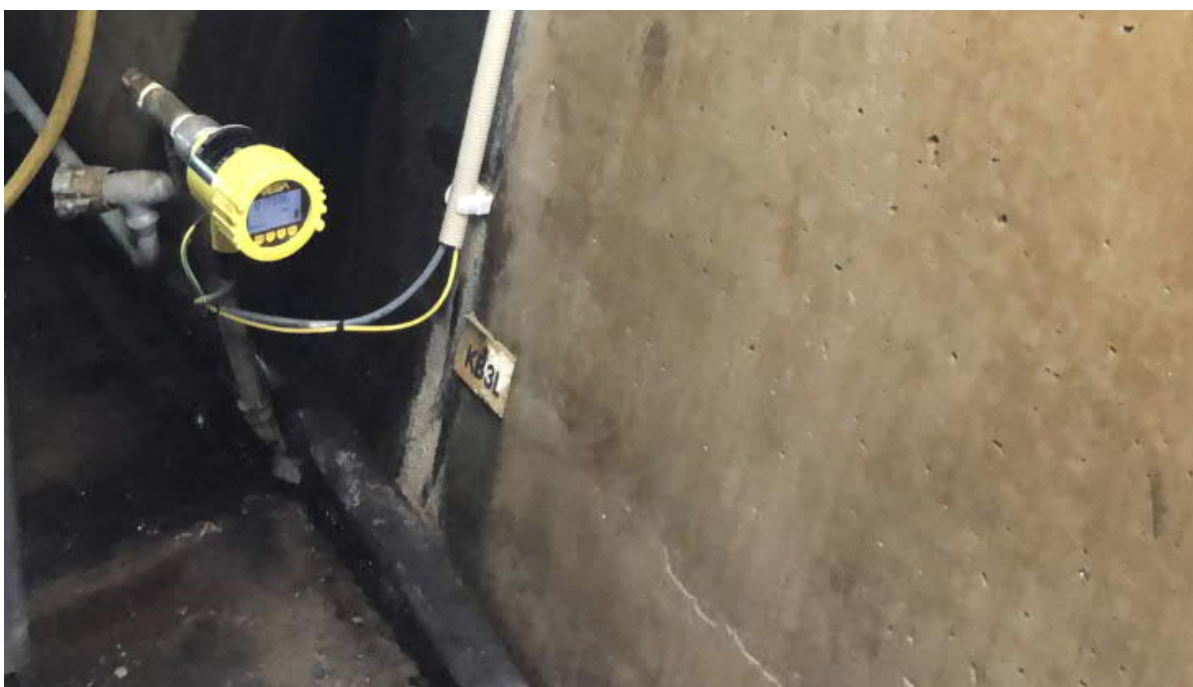


Abbildung: Sohlenwasserdruck – Messstelle KB 3L im Kontrollgang

Die aus der Untersickerung der Herd-mauer im Dammbereich resultierenden Maximal – Wasserstände liegen im relevanten Bereich des Taltiefen alle unverändert unterhalb des Grenzwertes von  $z_{WSP} = 272,00$  mÜNN und sind somit unkritisch. Im Rahmen der statischen Nachweise zur vertieften Sicherheitsüberprüfung wurde auch dieser Grenzwert noch einmal überprüft. Hierbei zeigte sich, dass auch Wasserspiegel bis  $274,70$  mÜNN zwischen den Dichtungen statisch unbedenklich sind. Der weiterhin in den Unterlagen dargestellte Grenzwasserstand von  $272,00$  mÜNN ist somit als auf der sicheren Seite angeordnet zu bewerten.

Die Langzeitbetrachtung des Diagramms Nr.32 zeigt, dass die Sohlenwasserdrücke im Berichtsjahr als Folge der Einstellung der Entspannung auf hohem Niveau verblieben sind. Das

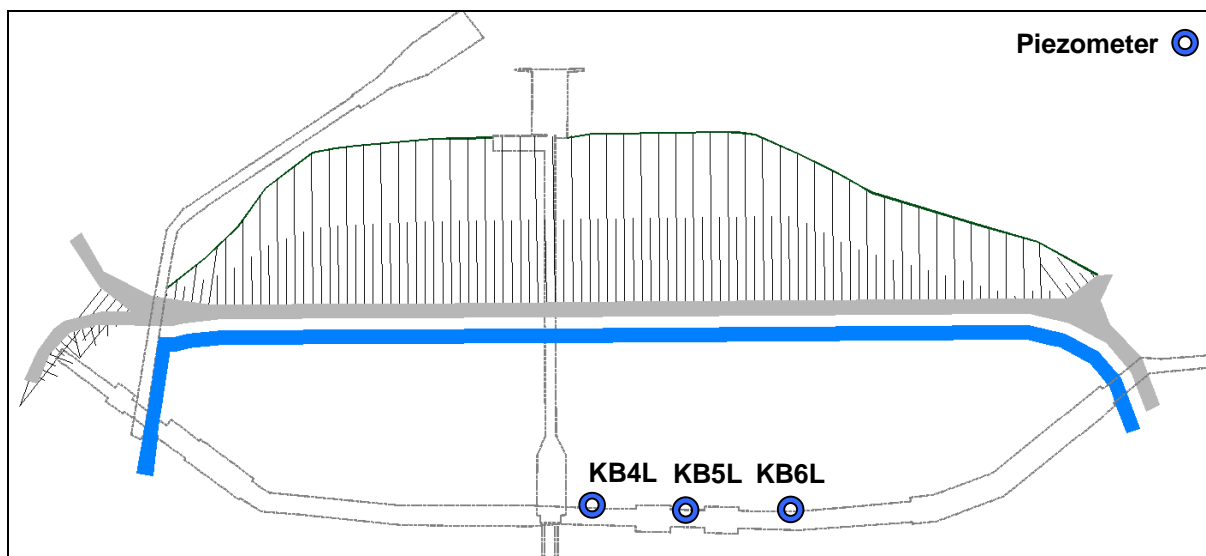
Niveau des Jahres 1997 mit den in der bisherigen Betriebsdauer erreichten Maxima wurde im Berichtszeitraum bei KB2 und KB3 aber wiederum nicht erreicht; ebenso wurde der Grenzwasserstand nicht überschritten. KB1 am linken Hang zeigte eine in etwa zweimonatige Überschreitung von 272 müNN im Zuge des jährlichen Stauspiegelanstiegs, fiel aber nachfolgend schnell wieder auf "Normalmaß" zurück. Der zu KB1 gehörige Dammquerschnitt am linken Hang gehört zu den "unkritischen", weil gering hohen Bereichen, so dass hier höhere Wasserstände im Damm tolerierbar sind.

Die Messstellen zeigen einen konstanten Verlauf.

Diagramm Nr. 33 über den Zeitraum der letzten 13 Jahre zeigt die erzielte Abminderung des Wasserdruckes zwischen Staubecken und luftseitigem Rand der Herdmauergründungsfläche. Die Langzeitganglinien belegen, dass sich die Dichtungswirkung des Systems Herdmauer + Injektionschleier seit Einstellung der Entspannung geringfügig verbessert hat, da die Ganglinien der Messeinrichtungen KB2L und KB3L seit November 2000 ansteigende Tendenz, durch die Trendlinien wiedergegeben, ausweisen. Diese Entwicklung ist auch im Berichtsjahr, wie durch die Trendgeraden belegt, erhalten geblieben. KB1L verhält sich gemäß Diagramm Nr. 32 abweichend und hat seit Anfang 2000 i.M. 3 % seiner Wasserdruckabminderung verloren.

Die Messwerte des luftseitigen Sohlenwasserdruckes der linken Herdmauergründungsfläche sind in einem unkritischen Bereich, da sich die Sickerlinien im Dammkörper (vgl. Diagramme Nr.43 und Nr.44) des Talbereiches deutlich unterhalb der im Gutachten Dipl.-Ing. Weinhold festgelegten Grenzen bewegen.

#### KB4L, KB5L, KB6L - rechter Kontrollgang (Talmitte)



Die Messwerte der Kontrollstellen im Taltiefsten zeigen gemäß Diagramm Nr.34 eine entsprechend den Vorjahren sichtbare, wenn auch gedämpfte Übereinstimmung mit der Ganglinie des Staupiegels. Die Beendigung der bis Ende 2000 betriebenen Ableitung von Wasser aus dem Damm über den Kontrollgang ("Entspannung") ist in der Langzeit - Ganglinie des Diagramms Nr.35 der Messeinrichtungen deutlich durch einen Anstieg der dammineren Wasserdrücke um rund 2 m ablesbar. Die im Berichtsjahr erfolgten Stauänderungen werden durch die Ganglinien, insbesondere für den Anstieg zu Beginn des Jahres und den langanhaltenden Abfall seit Beginn deutlich und in bisher bereits langfristig beobachteter Weise wiedergegeben.



Ein Einfluss aus der Sensibilität der Messstelle GB 4L im Hinblick auf Abflüsse durch den Grundablasskanal ist bei der in etwa achsgleich angeordneten Messstelle KB 4L nicht nachweisbar, so dass der Betrieb des Grundablasskanals mit einer empfohlenen Beschränkung der Öffnung auf < ca. 5 % nicht zu einem Anstieg der Wasserstände im Dammbwasserseitig der alten Innendichtung geführt hat. Die Größenordnung der Beschränkung hat sich somit auch im Berichtsjahr wieder als richtig bestätigt.

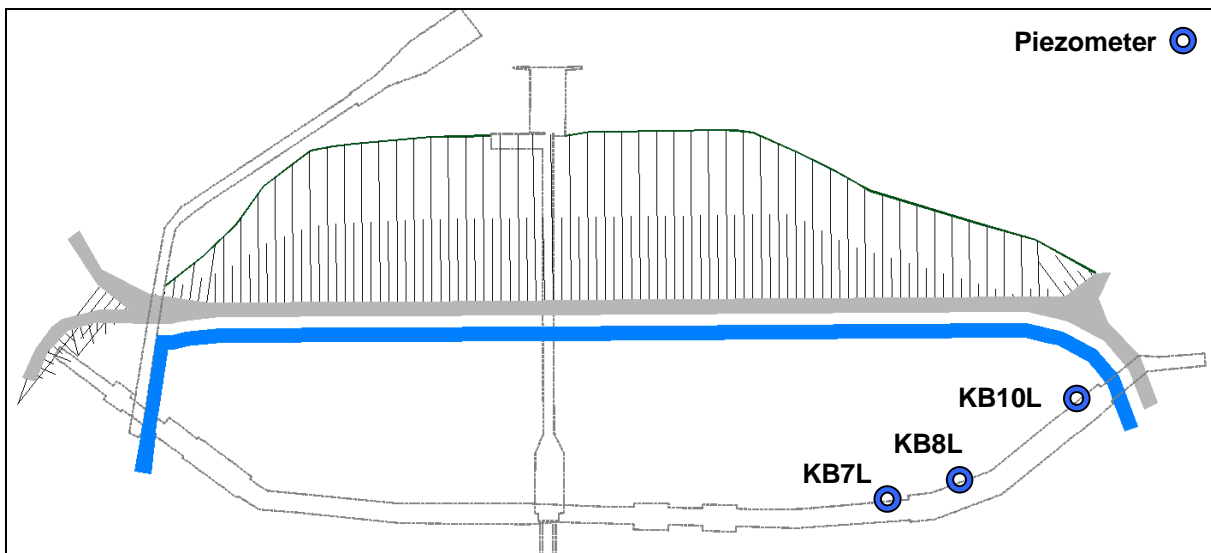
Die Langzeitentwicklung der Messwerte gemäß Diagramm Nr.35 bestätigt die schon auf der linken Herdmauerseite beobachteten Feststellungen. Entsprechend des gegenüber dem Vorbericht um 34 cm verminderten Beckenwassermittelstandes des Berichtsjahres zeigen die Messstellen analog niedrigere Wasserdrücke. Die eingetragenen Trendgeraden zeigen für alle 3 Messstellen eine auf den 10- Jahres- Zeitraum bezogene Konstanz der Werte.

Die Abminderungsquoten des Sohlenwasserdrucks betragen gemäß Diagramm Nr.36 unverändert zwischen 52 und 57 %.; die Ganglinien verlaufen entsprechend alle deutlich unterhalb des Grenzwasserstandes zur WSP = 272,00 mNN, so dass die ursprünglichen Lastansätze des hier angeordneten Regelquerschnittes der Dammstatik eingehalten werden.

Diagramm Nr. 36 zeigt die erzielte Abminderung des Wasserdruckes zwischen Staubecken und luftseitigem Rand der Herdmauergründungsfläche. Die Langzeitganglinien belegen, dass sich die Dichtungswirkung des Systems Herdmauer + Injektionsschleier seit Einstellung der Entspannung geringfügig verbessert hat, da die Ganglinien aller drei Messeinrichtungen seit November 2000 nach wie vor ansteigende Tendenz ausweisen. Dieser Trend blieb auch im Berichtsjahr erhalten.

Die Messstellen zeigen keine sicherheitsrelevanten Auffälligkeiten.

#### KB7L, KB8L, KB10L - rechter Kontrollgang (Hang)



Die Messwerte zeigen gemäß Diagramm Nr.37 ebenfalls für die mehr zum Tal angeordneten Piezometer 7 und 8 eine abgeminderte, aber insbesondere während der An- und Abstauphasen gut nachvollziehbare Übereinstimmung mit der Ganglinie des Stauspiegels. Die nicht mehr betriebene Entlastung des Wasserspiegels zwischen den Dichtungen durch Entspannung beeinflusst die Messwertreihen deutlich sichtbar und führte wie an den übrigen Messstellen zu einem Anstieg des Wasserstandes um rund 2 m. Der im Berichtsjahr ansteigende Stau zum Jahreswechsel wird durch die Ganglinien ebenso gut wiedergegeben, wie

die längere Absenkung des Beckenwasserstandes durch die Trockenphase im Sommer / Herbst.

KB 10L am oberen rechten Hang verläuft nicht nur auf einem um 4 m höheren Druckniveau als die beiden anderen Messstellen, sondern auch mit weniger starken Ausschlägen, so dass hier die Einflüsse aus dem im Berichtsjahr als Folge des bereits länger anhaltenden niedrigen Grundwasserstandes verringerten Wasserzutritte des rechten Hanges immer noch gegenüber den Einwirkungen aus dem Stauspiegel dominieren.

Die vorgesehene Abminderung des Sohlenwasserdruckes luftseitig der Herdmauer auf 40 % wird bei allen Messstellen erreicht; die Ganglinien zeigen hier Werte der Staudruckreduzierung zwischen 48 und 78 %.

Signifikant ist der im Vergleich zu den tieferliegenden Meßstellen nach wie vor hohe Wasserstand bei KB 10 L (Block 29). Dominant ist an dieser Messstelle nicht mehr der Beckenwasserstand, sondern unverändert der Einfluss des Kluftwassers aus dem rechten Hang oberhalb der Sperrenstelle. Dieser Zufluss führt luftseitig ebenfalls zum hohen Wasserstand im Brunnen GB 5. Allerdings spiegelte sich das im Berichtsjahr 2016 bei GB 5 festgestellte Maximum nicht in den Messwerten von KB 10L wieder, so dass daraus gefolgert werden konnte, dass die Ursache für den erhöhten Brunnenwasserstand nicht im Bereich des Absperrbauwerks sondern im erhöhten Grundwasserzutritt über die Klüfte des Billiger Quarzits lag. Im Berichtsjahr zeigten sich keine Messwerte, die dieser Bewertung entgegensprachen.



Abbildung: Sohlenwasserdruck – Messstelle KB7L mit Manometer – Schnellschlussadapter

Das bereits am linken Hang beobachtete Spiegelliniengefälle von der Talflanke zum Taltiefsten lässt sich unverändert auch an der rechten Seite des Absperrdammes nachweisen, wobei der Gradient am rechten Hang steiler verläuft als auf der gegenüberliegenden Seite. Ursache hierfür ist der quantitativ höhere Wasserzudrang auf der rechten Talflankenseite, der zu einer Ausbildung von ausgeprägteren Fließwegen im Vorschüttkeil (Kies-Sand-Material wasserseitig der alten Lehmdichtung, aber luftseitig der Herdmauer) führt.

Trotz des Gradienten ist mit einer Umlagerung von Feinteilen im Vorschüttkeil nicht zu rechnen, da durch die Sieblinie und die hohe Verdichtung des Materials kein ausreichender Porenraum für Materialwanderungen zur Verfügung steht. Diese Annahme sollte aber im Rahmen nächster vertieften Sicherheitsüberprüfung noch einmal im Rahmen der Standsicherheitsnachweise überprüft werden.

Die Langzeitentwicklung der Messwerte gemäß Diagramm Nr.38 bestätigt die unkritischen Druck- und Wasserstandsverhältnisse in den Dammquerschnitten bei KB 7L und KB8L. Die Besonderheit des hohen Wasserstands, ausgewiesen durch die Messstelle KB10L, im Dammquerschnitt Block 29 ist ebenfalls unbedenklich, da sich der Wasserstand am Piezometer im Bereich der Dammaufstandsfläche befindet.

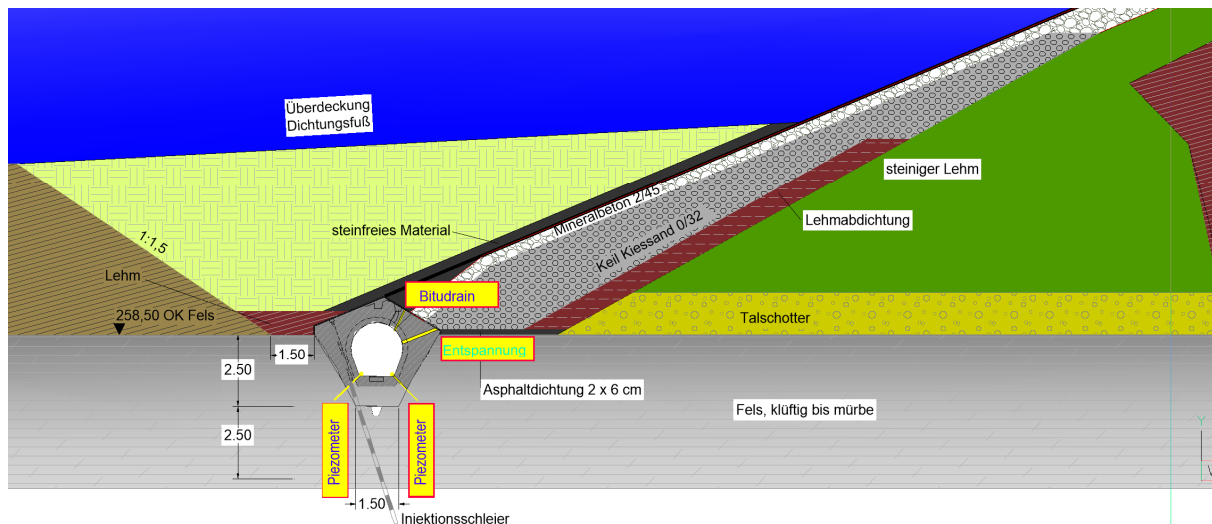
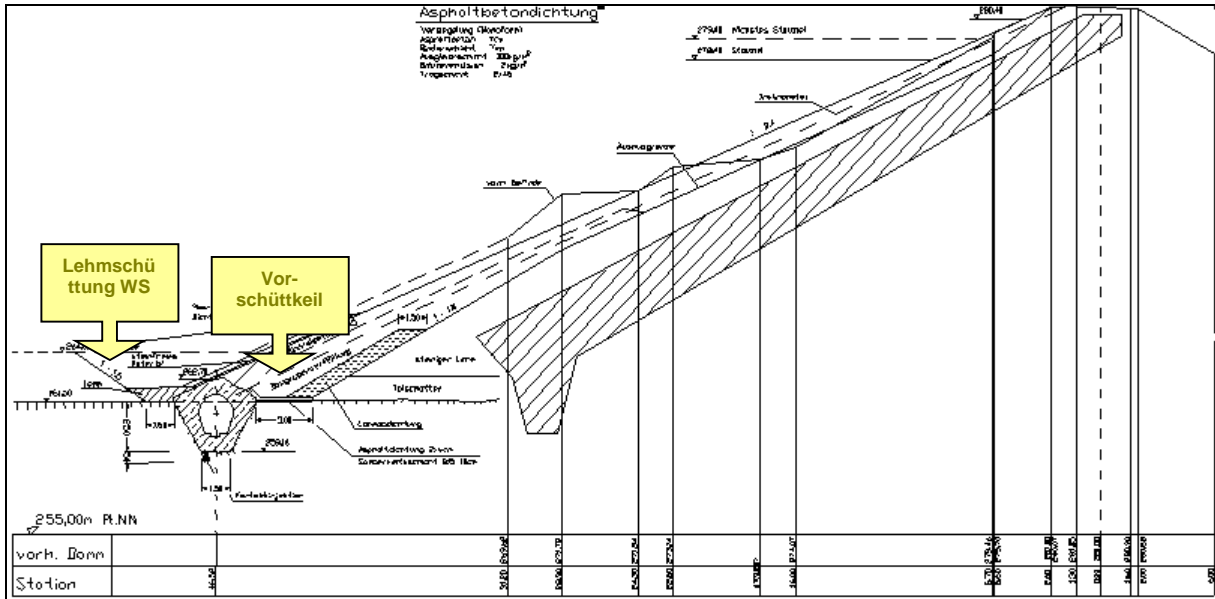


Diagramm Nr.39 zeigt die Langzeitentwicklung des Druckabbaus unter der Herdmauer. Wie an den übrigen Messstellen ist auch hier eine Tendenz zur Verbesserung des Abdichtungserfolges erkennbar. Erklärbar wird dieser Vorgang vermutlich über die Verlagerung von Feinteilen aus dem wasserseitig angeordneten Lehm - Vorschüttkeil in die Klüfte des in der Gründungsfläche der Herdmauer anstehenden Fels.

Die Messstellen zeigen keine sicherheitsrelevanten Auffälligkeiten.

### Piezometer Entnahmebauwerk

Die mit Druckmesseinrichtungen betriebenen Entspannungsöffnungen E1 und E2 im Entnahmebauwerk zeigen ein analoges Verhalten zu den benachbarten Messstellen KB3L und KB4L im Kontrollgang (vgl. Diagramme Nr.40 bis 42). Die Messwerte im Berichtsjahr sind für beide Messstellen unverändert identisch.

Einflüsse aus dem zeitweise auffälligen Grundwasserbeobachtungsbrunnen GB4R sind auch hier nicht gegeben, so dass es sich bestätigt, dass der Auslöser für das geänderte Verhalten der Messstelle GB 4R luftseitig der alten Dichtung und zwar im Grundablasskanal befindet und somit keine Wirkungsänderungen im Dichtungssystem aufgetreten sind. Dies bestätigt sich auch dadurch, dass der vom Betreiber durch zeitweisen Verschluss der Sickerwassermessstelle SM 9 verursachte Anstieg der Wasserstände sich auf Messstellen luftseitig der Lehmschürze beschränkte.

Die Langzeitbetrachtung gemäß Diagramm Nr. 41 zeigt, dass sich die Wasserdrücke im Berichtsjahr in ähnlicher Weise wie in den Vorberichtszeiträumen seit 2001 verhielten. Der niedrige mittlere Stauspiegel bildet sich in den beiden Messeinrichtungen deutlich ab.

Die Abminderung des Staudruckes beträgt rd. 65 - 67 %, so dass hier das geplante Ziel einer Beschränkung auf 40 % des Beckenwasserstandes deutlich erreicht wird. Die Trendlinien zeigen hierbei eine kontinuierliche Wirkungsverbesserung der abdichten Systeme des Staudamms an.



Abbildung: Wasserdruck – Messstelle im Entnahmebauwerk

Die Messstellen zeigen keine sicherheitsrelevanten Auffälligkeiten.

### Zusammenfassung

Die Diagramme Z7 und Z8 zeigen als Mittelwertbetrachtung die Piezometer - Messwerte in Bezug zu den mittleren Stauspiegeln bzw. die erreichte Abminderung gegenüber dem Beckenwasserstand. Alle Messwerte von KB2 bis KB10 zeigen hierbei im Berichtsjahr verringerte Mittelwerte analog zu dem im Berichtszeitraum um 34 cm niedrigeren mittleren Beckenwasserstand. Die Wasserstände zwischen KB1 und KB8 befinden sich durchgängig unterhalb des Grenzwasserstandes von 272 müNN.

#### **3.1.3.3 Sickerlinien**

Die Steinbachtalsperre verfügt über keinen durchgängigen, senkrecht zu Dammachse angeordneten Meßquerschnitt i.S. DWA M504. Unter Vernachlässigung von seitlichen Abweichungen von bis 12 m lassen sich folgende Ersatzquerschnitte definieren:

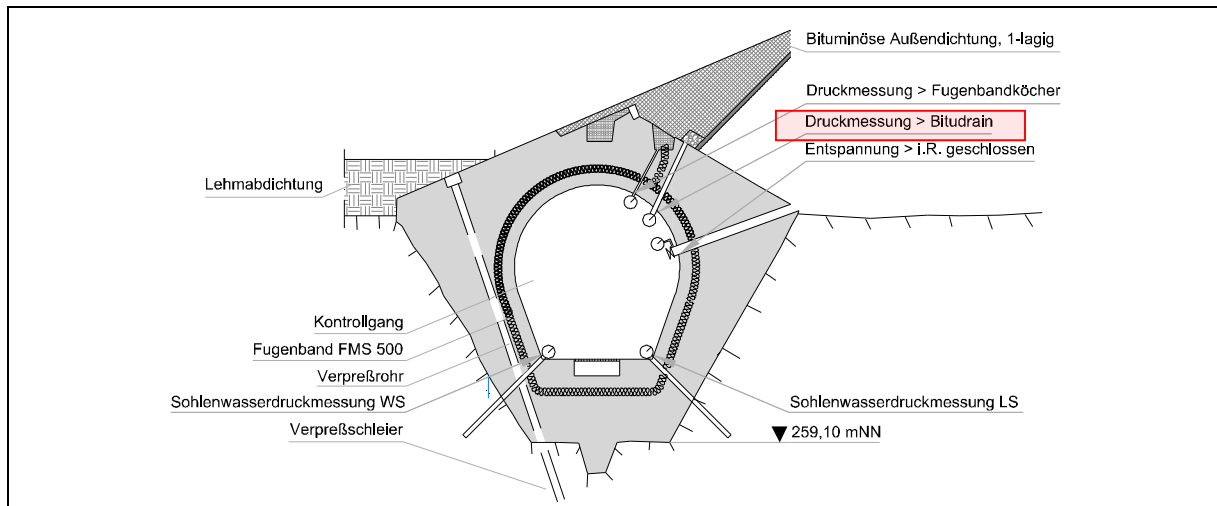
KB4W – KB4L – GB4R – GB2  
und  
KB6W – KB6L – GB1 – GB2

Die Entwicklung der Sickerlinien für den 29 – Jahres – Zeitraum von 1991 - 2019 wurde durch jeweilige Betrachtung der Messwert - Maxima für den Gesamtbeobachtungszeitraum in den Diagrammen Nr. 43 und 44 ebenso dargestellt wie die Maxima der inneren Wasserstände im Berichtsjahr. Der Vergleich mit der theoretischen Sickerwasserlinie der Dammstatik zeigt, dass die Sickerlinien auch im Berichtsjahr wiederum in unbedenklicher Höhe verlaufen. Die Außerbetriebnahme der Sickerwasserableitung über die Entspannungsöffnungen im April 2001 führte zwar zu einem deutlichen Anstieg des Wasserstandes im Bereich zwischen Herdmauer und alter Lehmdichtung. Allerdings bauen sich die Sickerlinien bis zur Dammachse fast schon wieder auf Null ab und verlaufen auch hinsichtlich der Neigungen ihrer Gradienten in unbedenklicher Form.

Die Sickerlinien des Berichtsjahres befinden sich in beiden Messquerschnitten innerhalb des Bereichs der durch Hüllkurven beschriebenen, bisherigen Vergleichsmessungen, so dass sich auch hier die Aussagen zu den Piezometern bestätigen, wonach die Wirkung des Injektionsschleiers durch die druckabmindernde Wirkung des wasserseitigen Vorschüttkeils ergänzt wird und somit die zulässigen Grenzwasserstände im Damm bei weitem nicht erreicht werden.

#### **3.1.3.4 Bitudrain**

Im Bericht des Betreibers zum Probestau vom 15.10.1994 wurde aufgezeigt, dass die Messstellen des Bitudrain als Kontrollelement des Dichtungsanschlusses zwischen Herdmauer und Asphaltaußendichtung fungieren und ihre Schüttungsmengen i.w. keine Abhängigkeit zum Stauspiegel aufzeigen. Die Summe der Sickerwasseraustritte aus den blockweise angeordneten Kontrollöffnungen betrug im Zeitraum 1990 - 1992 maximal 0,5 l/s, so dass der Anschluss als dicht eingestuft wurde. Die Öffnungen des Bitudrains wurden im Juni 1992 verschlossen, mit Druckmesseinrichtungen ausgestattet und seitdem analog zu den Piezometern als Druckmesseinrichtung betrieben, aus denen Wasserstände im Dammkörper abgeleitet werden.



Die Messergebnisse werden in den Diagrammen Nr.45 - 47 den jeweils zugehörigen Messergebnissen der luftseitigen Piezometer gegenübergestellt. Es zeigt sich, dass die gemessenen Wasserdrücke des Bitudrains im Berichtsjahr im Taltiefsten mehrheitlich in Höhe oder oberhalb des Sohlenwasserdrucks verliefen. Diese Feststellung lässt sich daraus erklären, dass der Wasserstand zwischen den Dichtungen primär durch das seitlich in den Damm einströmende Kluftwasser gebildet wird, während die Piezometer schräg nach unten den Wasserdruck im Gründungsfels unterhalb der Herdmauer erfassen. Der Wasserdruck zwischen den Dichtungen stellt sich hierbei höher ein als der durch die Herdmauer abgebaute, noch wirksame Wasserdruck aus dem Staubecken. Durch den Entfall der Entspannungen hat sich der Wasserstand zwischen den Dichtungen angehoben. Die Bitudrain – Messstellen geben durchgängig diesen Wasserruck wieder. Gemäß der Schnittzeichnung im zusammenfassenden Diagramm Z7 wird diese Bewertung nach wie vor bestätigt

Die Ganglinien der Diagramme Nr. 48 bis 52 bestätigen, dass der Wasserdruck an den Bitudrain – Messstellen in abgeminderter Form dem Verlauf des Stauspiegels folgt. Bedingt durch den niedrigen Grundwasserstand lässt sich der Einfluss des Stauspiegels trotz des niedrigen mittleren Beckenwasserstandes deutlicher als Vergleichsjahren mit hohen Grundwasserständen ablesen, da die Grundwasserneubildung, die analog zur Kluftwasserspeisung aus der rechten Dammflanke verläuft, diesen Einfluss nicht mehr so deutlich überlagert und damit abgemindert bzw. gedämpft hat. Die im Berichtsjahr erfolgten Stauspiegeländerungen zeigen sich in den Ganglinien durchweg klar. Die Ausprägung im Bitudrain ist hier wesentlich deutlicher als in den Messungen der KB- Piezometer, woraus sich belegt, dass der Bitudrain in engerem Kontakt zum Beckenwasserstand steht als die KB- Bohrungen, die den abgeminderten Wasserdruck unter der Herdmauer wiedergeben. Diese Feststellung korrespondiert mit der unterschiedlichen Länge der Sickerwege zwischen Ende Asphaltabdichtung bis Bitudrain und Lehmdichtung über Injektionsschleier bis Piezometer.

Die Ganglinie des Stauspiegels bildet sich in den Ganglinien der Messstellen allerdings unverändert nur gedämpft in einem Verhältnis von ca 1:5 ab und belegt somit weiterhin die Wirksamkeit der druckabbauenden Dichtungselemente aus Lehmkeil, Asphaltabdichtung und verstärktem Anschlusskeil aus Asphaltbeton.

Im Berichtszeitraum fällt lediglich wiederum die Messstelle, wie auch schon in den Vorberichten beschrieben, in Block 23 aus dem Rahmen; hier zeigt die Ganglinie in Diagramm Nr. 52 einen atypischen Verlauf, der sich auch in der Langzeitbetrachtung auf Diagramm Nr. 60 deutlich erkennen lässt. Die Ganglinie hatte sich erstmals im Winter 2008 vom Stauspiegelverlauf abgekoppelt und zeigte ca. 3 Jahre lang ein Eigenleben mit einem sprunghaften Verlauf. Ursache hierfür war möglicherweise eine Feinteilumlagerung, die zu einem Verstopfen,

d.h. zu einer Druckminderung führt. Im Berichtszeitraum 2012 hat sich der Verlauf der Messwerte wieder an den Verlauf der übrigen Messstellen angepasst, um sich im Betrachtungsabschnitt 2015 wiederum abzukoppeln. Im Berichtsjahr ist das abweichende Verhalten allerdings weniger ausgeprägt als in den Vorjahren.

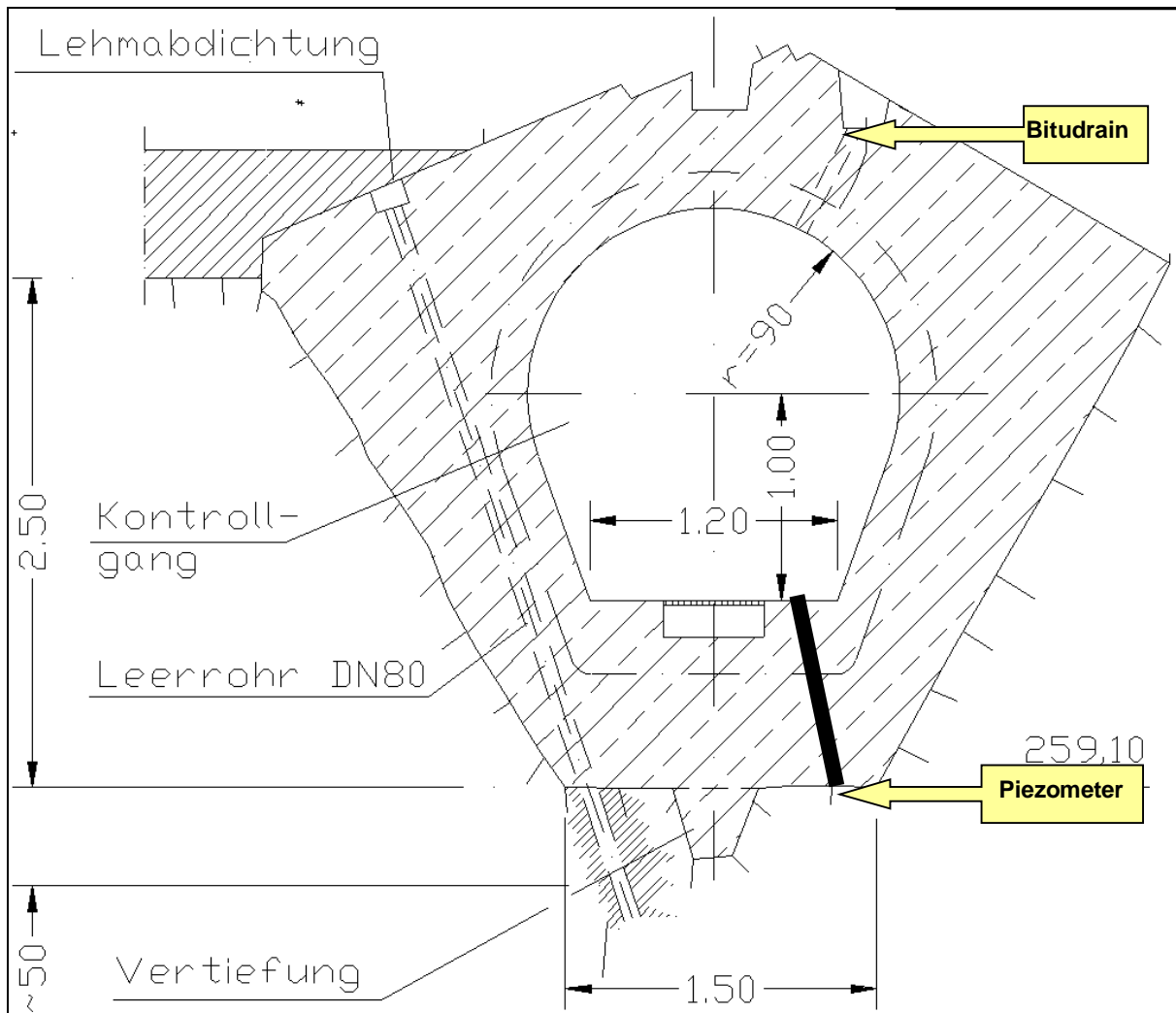


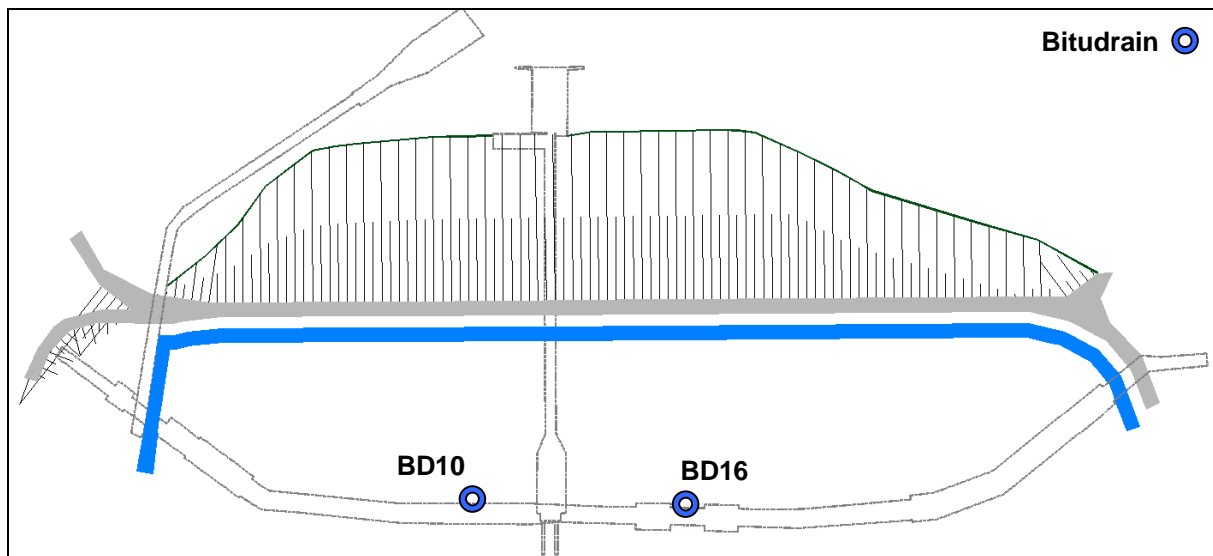
Abbildung: Anordnung Bitudrain und Piezometer

Die Diagramme Nr. 53 - 60 stellen die Langzeitentwicklung des Wasserdrucks an den Kontrollrohren des Bitudrains dar. Es ist bekannt, dass sich die Wasserdrücke seit April 2001 um rund 2,5 m Wassersäule durch das Schließen der Entspannungsöffnungen erhöht haben. Die Ganglinienspitzen zum Jahreswechsel 2018/19 entsprechen in Ihrer Ausprägung den vergleichbaren Maxima in den Vorjahren und stellen somit ebenso keine Besonderheit dar. Sie zeigen viel mehr, dass das Kontrollsystem bei vergleichbaren Belastungen ähnliche Ergebnisse generiert und somit als intakt zu bewerten ist. Diese Feststellung lässt sich auch für das aktuelle Berichtsjahr wiederholen, wobei hier relativ ruhig verlaufenden Beckenwasserstände zu entsprechend ruhigen Verläufen in den Bitudrain - Ganglinien führen.

Der Grenzwasserstand von  $z_{WSP} = 272,00$  müNN zwischen den Dichtungen wurde im Berichtsjahr wiederum nicht erreicht.

Da die Bitudrain – Messungen durchgängig ein grundsätzlich gleichartiges Verhalten aufzeigen, beschränkt sich die Korrelationsanalyse der Diagramme Nr.61 und Nr.62 auf die reprä-

sentativen Messstellen in Block 10 und 16 für die linke und rechte Seite der Herdmauer im Taltiefen.



Die Gegenüberstellung der Abhängigkeiten von Stauspiegel und Wasserdruck an der Messeinrichtung zeigt wie in den Vorjahren für den Winterzeitraum wiederum gute bis sehr gute Korrelationen.

Bestimmtheitsmaße mit  $R^2 \sim 0,87$  im Winterhalbjahr und  $R^2 \sim 0,96$  im Sommer zeigen, dass der Grundwasserstand als Dämpfungselement auch hier nachweisbar ist. Niedrige Grundwasserstände, wie seit einigen Jahren beobachtet, führen zu einer geringeren Überlagerung der Messerwerte, die dann primär dem Einfluss des Stauspiegels unterliegen.

Der Vergleich mit den Piezometern KB 3L und KB 5L liefert analog Ergebnisse, so dass davon ausgegangen werden kann, dass durch die Messeinrichtungen mögliche Veränderungen am Dichtungssystem sicher erfasst werden können.

Die zusammenfassende Darstellung der Mittelwerte der letzten 5 Jahre im Vergleich zum Beckenwasserstand (vgl. Diagramm Nr. Z5) belegt das Normalverhalten der Messstellen. Die Darstellung des Diagramms Z7 mit Zuordnung der Wasserdruckmittelwerte zum Herdmauerquerschnitt lässt erkennen, dass der Wasserstand des Bitudrains im Taltiefsten unter den Vergleichswerten der Piezometer der Herdmaueraufstandsfläche liegt. Aus dieser Darstellung kann somit abgeleitet werden, dass

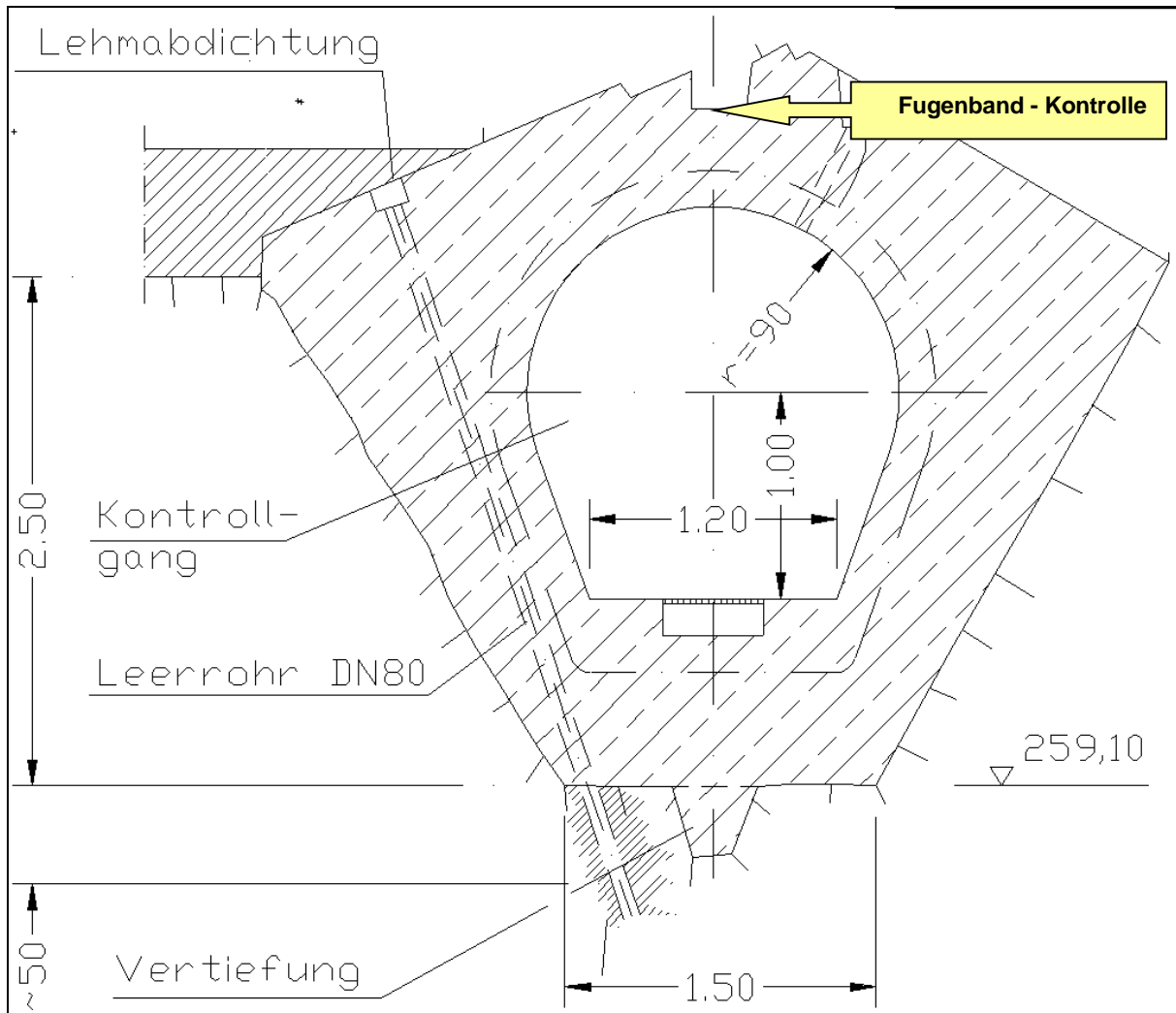
- der Dichtungsanschluss der Asphaltaußendichtung an der Herdmauer intakt ist
- die Untergrundabdichtung, bestehend aus Lehmteppich und Injektionsschleier funktionsfähig ist
- der Wasserstand zwischen den Dichtungen nicht durch Sickerwege um die Herdmauer herum, sondern durch seitlich zufließendes Wasser aus dem rechten Hang ausgeprägt wird.

Die Bitudrain – Messstellen zeigen im Berichtszeitraum keine sicherheitsrelevanten Auffälligkeiten.



### 3.1.3.5 Fugenband - Kontrollrohre

Die Messeinrichtungen übernehmen die Kontrolle der Dichtigkeit im Anschlusspunkt zwischen der Asphaltaußendichtung und dem Fugenbandsystem der Herdmauer. Je Herdmauerblock ist ein Kontrollrohr vorhanden.



Entsprechend der Feststellungen im Probestaubericht vom 15.10.1994 zeigten damals alle Anschlüsse mit Ausnahme der Fugen 8/9, 13/14, 20/21, 21/22 sowie 26/27 ausreichende Dichtigkeit, so daß die Rohre verschlossen wurden. Die v.g. verbleibenden Kontrollrohre wurden mit Druckmesseinrichtungen ausgestattet und werden seitdem im Messprogramm berücksichtigt.

Zur Kontrolle der Wasserwegigkeit wurde in der Fuge 13/14 eine zusätzliche Bohrung in die Fuge eingebracht. Über chemische Analysen von Stau- und Sickerwasser wurde nachgewiesen, dass im Bereich dieser Fuge eine Verbindung zum Stauraum besteht.

Die Entwicklung der maximalen Wasserdrücke [bar] an den Fugen stellt sich wie folgt dar:

	Fuge 8/9	Fuge 13/14	Bohr. 13/14	Fuge 20/21	Fuge 21/22	Fuge 26/27
1992	0,82	1,49	0,98	0,68	0,69	0,33
1993	0,78	1,13	0,93	0,73	0,73	0,33
1994	0,83	1,13	0,97	0,87	0,88	0,37
1995	0,89	1,13	1,07	0,94	0,99	0,48
1996	0,90	1,24	1,13	0,98	0,98	0,50
1997	0,97	1,31	1,17	0,98	1,00	0,58
1998	0,94	1,26	1,14	0,91	0,96	0,56
1999	0,70	1,10	1,04	0,76	0,72	0,52
2000	0,76	1,08	1,02	0,78	0,70	0,56
2001	0,93	1,23	1,18	1,01	0,95	0,64
2002	0,94	1,26	1,19	1,04	0,98	0,67
2003	0,98	1,25	1,17	0,97	0,94	0,69
2004	0,95	1,13	1,10	0,97	0,90	0,69
2005	0,97	1,08	1,06	0,96	0,93	0,88
2006	0,94	1,09	1,06	0,97	0,91	0,80
2007	1,00	1,09	1,05	0,98	0,90	0,80
2008	0,99	1,11	1,09	1,00	0,95	0,82
2009	0,84	1,10	1,08	0,98	0,93	0,84
2010	0,66	1,07	1,05	0,90	0,91	0,82
2011	0,30	1,11	1,06	0,95	0,90	0,81
2012	0,31	1,05	1,06	0,85	0,86	0,81
2013	0,35	1,05	1,03	0,92	0,92	0,85
2014	0,30	1,05	1,04	0,90	0,88	0,83
2015	0,01	1,05	1,04	1,01	0,90	0,89
2016	0,01	1,11	1,09	0,96	0,94	0,91
2017	0,01	1,01	0,94	0,95	0,84	0,83
2018	0,01	1,00	0,95	0,99	0,86	0,86
2017	0,01	1,01	0,94	0,95	0,84	0,83
2019	0,01	1,05	0,95	0,92	0,86	0,85

Die maximalen Drücke an den Fugenbandkontrollrohren korrespondieren, mit den Messwerten den bisherigen Beobachtungen. Neu Maxima traten seit 13 Jahren nicht mehr auf. Die Messstellen zeigen somit das erwartete Verhalten.

Die Messstellen am oberen rechten Hang korrespondierten mit den ebenfalls im Berichtszeitraum 2016 festgestellten Spitzenwerten bei den Brunnen GB 5 und GB 2R. Die Messstellen an der rechten Dammflanke werden, wie bekannt und durch die Analyse der Messwerte belegt, deutlich durch das über die Klüfte des Billiger Quarzits zufließende Grundwasser geprägt.

Die Messwerte an Fuge 8/9 hatten sich von 2007 - 2014 zurückentwickelt und zeigen somit ein anderes Verhalten im Vergleich zu den anderen Messstellen. Im Berichtszeitraum ist die Messstelle wiederum nahezu vollständig ausgefallen. Da die Fugenbandkontrollrohre jährlich gespült werden, kann eine Feinverlegung der Messeinrichtung ausgeschlossen werden. Es ist somit davon auszugehen, dass die Messergebnisse den Prozess der Selbstabdichtung, der auch in den Trendgeraden der Langzeitbeobachtungen anderer Kontrolleinrichtungen sichtbar wird, anzeigen. Die Messstelle sollte mit Zustimmung der BR Köln außer Betrieb genommen korrekt werden, da der zugehörige Überwachungsbereich auch noch über den Bitudrain 9 kontrolliert wird.

Die Ganglinien der Diagramme Nr. 63 – 68 zeigen die bekannte Beeinflussung der Messwerte durch den Stauspiegel. Die Ganglinien verlaufen insgesamt "unruhiger" als die Messwert-

reihen des Bitudrains und zeigen hierdurch auch ihre Nähe zum Verlauf des Beckenwasserstandes. Die Ergebnisse zeigen unverändert eine gute Übereinstimmung mit den Messwerten der Sohlenwasserdrücke und des Bitudrains.

Die Ganglinien der Wasserdrücke an den Fugenbandeinbindungen liegen in Talmitte (Block 13/14) über denen des Bitudrains und der Sohlenwasserdrücke, so dass hieraus, in Übereinstimmung mit den Vorberichten, auf einen Sickerwasserzutritt aus Richtung des Stauspiegels geschlossen werden kann. Der Wasserdruck baut sich allerdings über die Anschlussfläche der Asphaltaußendichtung an den Beton ab, so dass hier unverändert auch im Berichtszeitraum ein intaktes Wirksystem für die Dichtung nachgewiesen wird.

An den Hängen dagegen verlaufen die Messwerte der Fugenbandkontrollrohre unterhalb der Ganglinie von Bitudrain; als mögliche Erklärung bietet sich die Überlegung an, dass die Verbindung zwischen Beton und Elastomer der Fugenbänder bei geringeren Wasserdrücken ein besseres Dichtungsverhalten aufzeigt.

Die Korrelationsanalyse (Diagramm Nr.69 und Nr.70) bestätigt die bekannten Ergebnisse aus den Auswertungen von Piezometern und Bitudrain. Auch hier zeigt das Sommerhalbjahr deutlich bessere Korrelationen zwischen Stau und Druckmessung an den Fugenbandkontrollrohren als das Winterhalbjahr. Dies ist als erneuter Beleg zu werten, dass hohe Grundwasserstände die aus dem Beckenwasserstand generierten Einflüsse überlagern. Im Sommerhalbjahr mit vermindertem Grundwasserstand werden die Messwerte auch an den Fugenbandkontrollrohren fast ausschließlich durch den Stauspiegel der Talsperre induziert.

Analog zum Bitudrain stellen aber Wasserdrücke für sich allein kein ausreichendes Indiz zur Bewertung der Anschlüsse als "dicht" oder "undicht" dar. Dichtheit definiert sich hier vielmehr über die zufließende Wassermenge, die aber z.Z. in Absprache mit der Talsperrenaufsicht der BR Köln nicht kontrolliert wird. Die vorliegenden Messwerte enthalten keine Hinweise, die auf Sicherheitsdefizite deuten. Diese Feststellung wird durch die zusammenfassende Auswertung nach Diagramm Z6 mit Darstellung der Mittelwerte der letzten 5 Jahre bestätigt.

### 3.1.3.6 Entspannungen

Die Entspannungen wurden im Berichtsjahr entsprechend Betriebsvorschrift nicht geöffnet, um eine Abdrift von Feinmaterialien aus dem Stützkörper zu vermeiden.

Aufgrund der Bedeutung des Grenzwasserstandes zwischen den Dichtungen wurde im Bericht 2007 vorgeschlagen, je 1 Entspannung im Talbereich links und rechts der Achse Grundablass / Entnahmen in die Druckmessungen einzubeziehen, da die Druckmessung an den Bitudrain – Kontrollrohren u.U. durch die Dichtwirkung des Asphaltkeils sowie der unterliegenden Ausgleichsschicht bereits abgemindert sein kann. Druckmessungen an den Entspannungen sollten dahingegen in jedem Fall "unverfälschte" Ergebnisse liefern. Der Bauherr hat die Messeinrichtungen an E7 bis E9 seit den Berichtsjahren 2009 bzw 2010 durch Manometeranschlüsse ergänzt und führt seitdem regelmäßige Messungen durch.

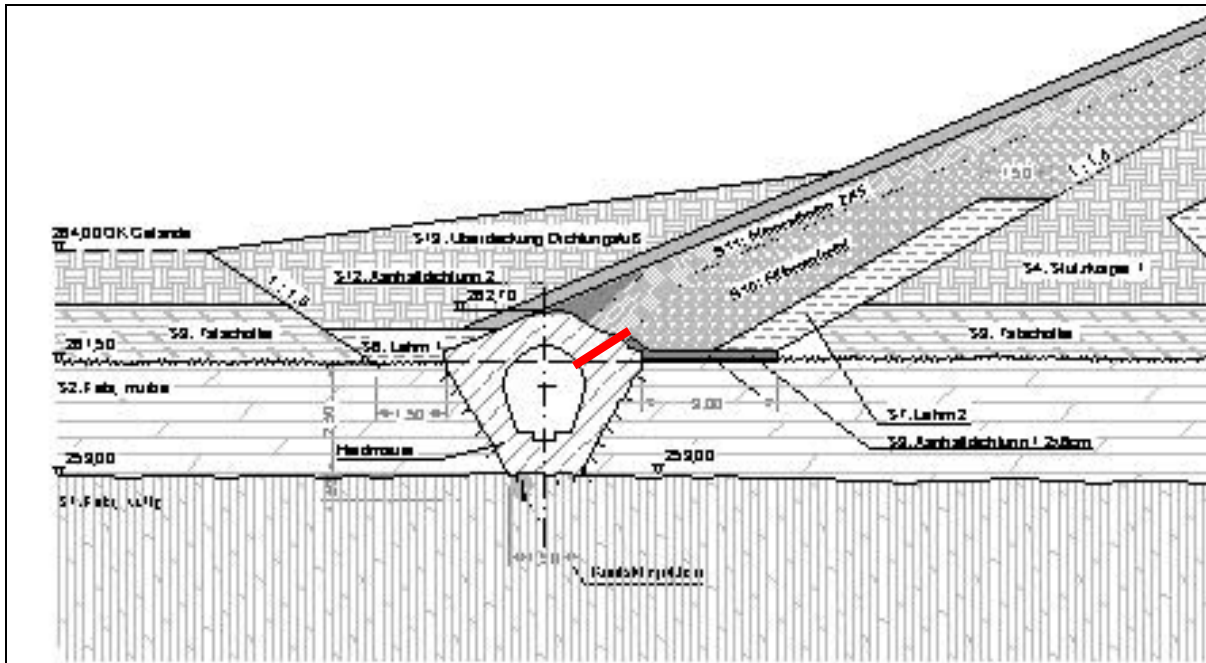
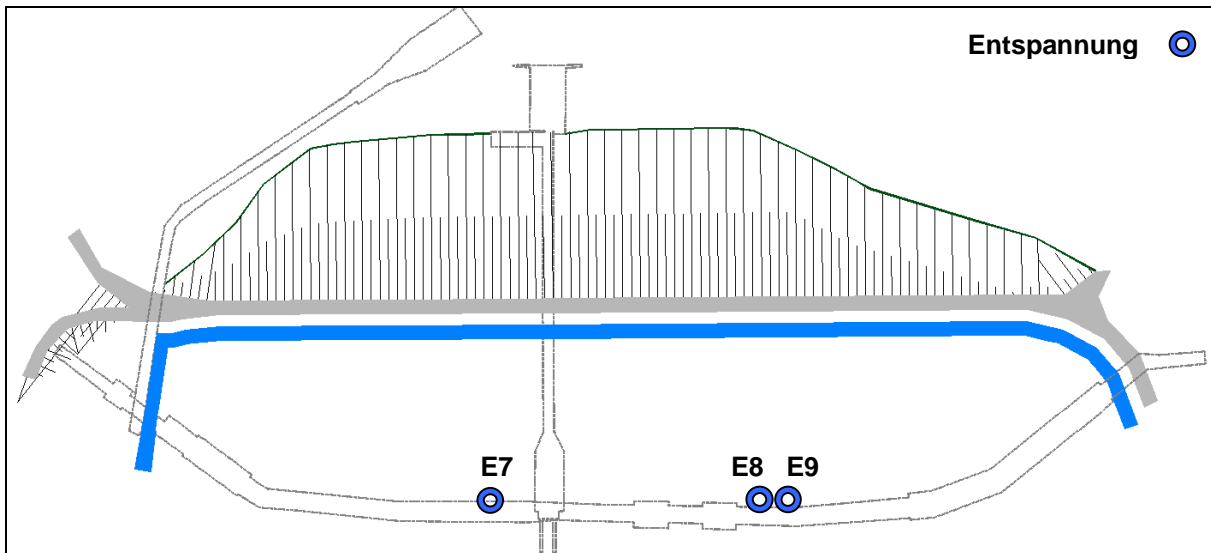


Abbildung: Anordnung der Entspannungsbohrung zwischen den Dichtungen



Abbildung: Herdmauer – Kontrollgang mit Entspannungen (geschlossen)



Die in Diagramm Nr.71 - 72 dargestellten Ganglinien zeigen die erwarteten Ergebnisse. Alle Wasserstände verlaufen nahezu identisch und deutlich unterhalb Grenzwasserstandes von 272 müNN. Sie zeigen ihre gedämpfte Beeinflussung durch den Stauspiegel.

Die Wasserspiegel hinter den Entlastungsöffnungen liegen auf nahezu identischer Höhe und bestätigen, dass der Wasserstand zwischen den Dichtungen im Talbereich eine im Wesentlichen horizontale Oberfläche aufweist.



Abbildung: Entlastung im rechten Hang ohne Manometeranschluss



Abbildung: E9 mit Manometeranschluss

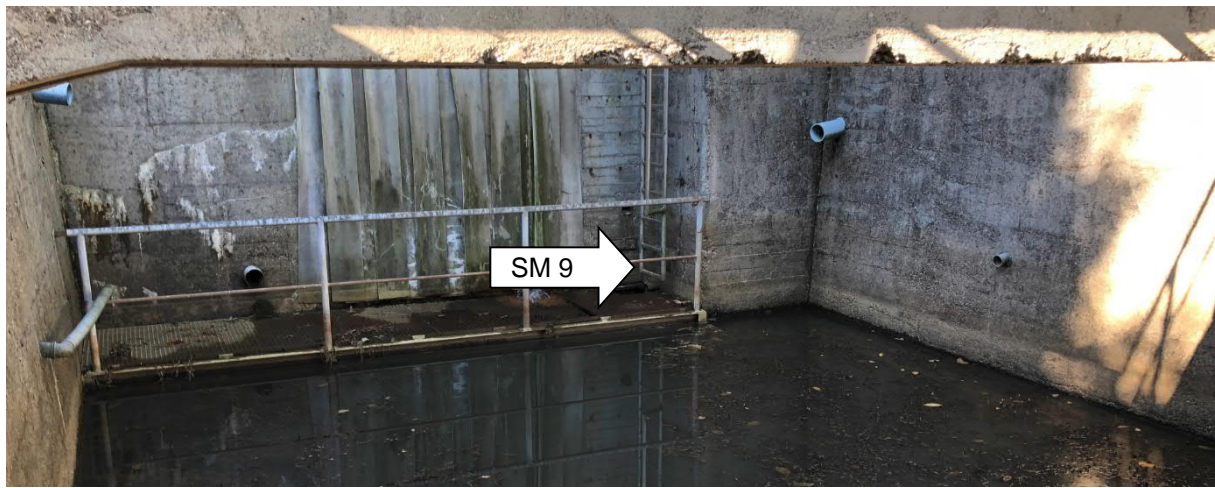
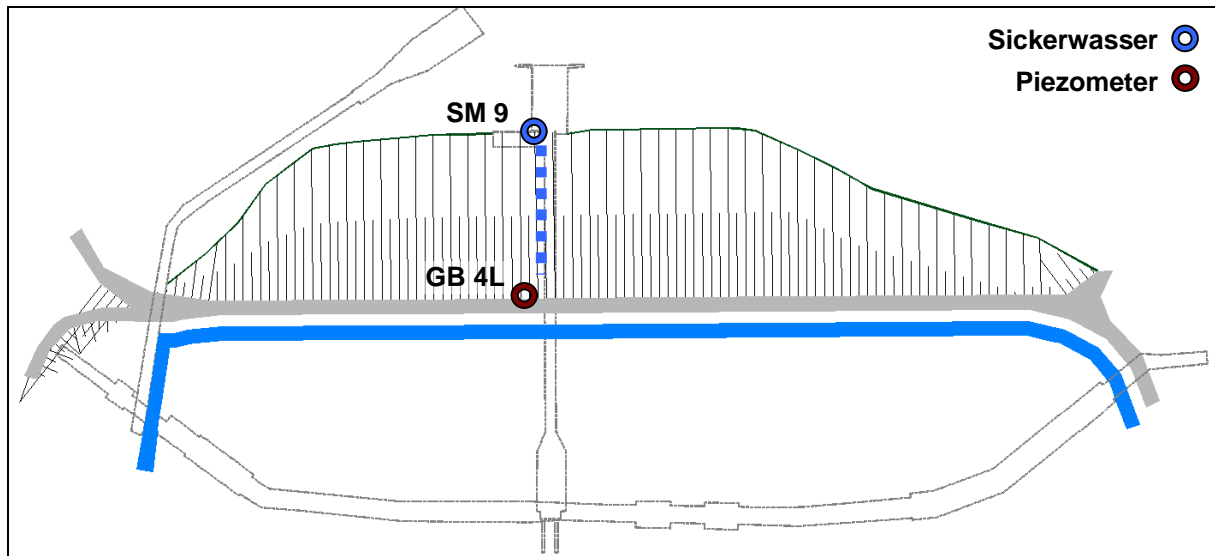
### 3.1.3.7 Sickerwasserabflussmessungen

Die Stauanlage ist mit 18 Meßstellen zur Erfassung von Sickerwasserabflüssen ausgestattet. Die Messwerte sind in den Diagrammen Nr.73 – 84 dargestellt.

Die Messstellen SM1, SM4 SM6, SM11, E und F zeigen unverändert keine erkennbaren Bezüge zum Stauspiegel, sondern sind nach wie vor vorrangig von Niederschlagsereignissen beeinflusst. Die Schüttungen an den Messstellen liegen alle im Bereich  $< 0,20$  l/s. Weiterhin ist eine gewisse Abhängigkeit zur Jahreszeit gegeben, so dass davon ausgegangen werden kann, dass der Grundwasserstand bzw. die Grundwasseranreicherung in der retentionsarmen Winterzeit die Schüttungen verändert. Im Sommer ist bei Messstelle SM 6 ein Versiegen festzustellen.

SM3 hat im Berichtsjahr keine Schüttungen gezeigt.

SM9, links des Grundablasskanals angeordnet, mit einer zum Vorjahr unveränderten Maximalschüttung von  $Q = 0,26$  l/s zeigte bisher Abhängigkeiten zum Stauspiegel und zum Wasserstand zwischen den Dichtungen. Diese Feststellungen haben sich auch im Berichtsjahr bestätigt. Gemäß der in Diagramm Nr.78 dargestellten Langzeitganglinie ist die Schüttungsmenge weiterhin rückläufig, wie die Neigung der Trendgeraden aufzeigt.





Die an der Messstelle SM 9 durchgeführten Trübungsmessungen sind durchgehend unauffällig. Maximalwerte um 32 FNU bei Starkregen, wie z.B. beim Jahreswechsel 2018-2019, sind unbedenklich.

Die Punktwolken gemäß den Diagrammen Nr.78 - 80 zeigen deutliche Zusammenhänge zwischen den Messwerten von Schüttung und Stauspiegel sowie Sohlenwasserdruck. Die Abhängigkeit zum Niederschlag ist dahingegen nicht gegeben, lediglich Starkregen bilden sich in der Schüttungsrate ab.

Die zusammenfassende Darstellung der Mittelwerte der letzten 5 Jahre (Diagramm Z3) zeigt ebenfalls keine Auffälligkeiten.

#### **3.1.4 Spannungsmessungen**

Die Stauanlage verfügt über keine Meßeinrichtungen zur Erfassung von Spannungen im Dammbauwerk oder Untergrund.

#### **3.1.5 Verschiebungs- und Verformungsmessungen**

Die Stauanlage wird durch 5 Beobachtungspunkte BP 1 - BP 5 auf der Dammkrone, 6 Messpunkte HP 1 - HP 6 auf den Bermen der luftseitigen Böschung sowie 8 Messpunkte HA 1 - HA 8 auf der wasserseitigen Böschung hinsichtlich ihrer Deformationen überwacht.

Zusätzlich wurden in der wasserseitigen Böschung 4 Schräginklinometer im Bereich der Achsen HA<sub>i</sub> betrieben, die allerdings nach Defekten in Abstimmung mit der Talsperrenaufsicht außer Betrieb genommen wurden.



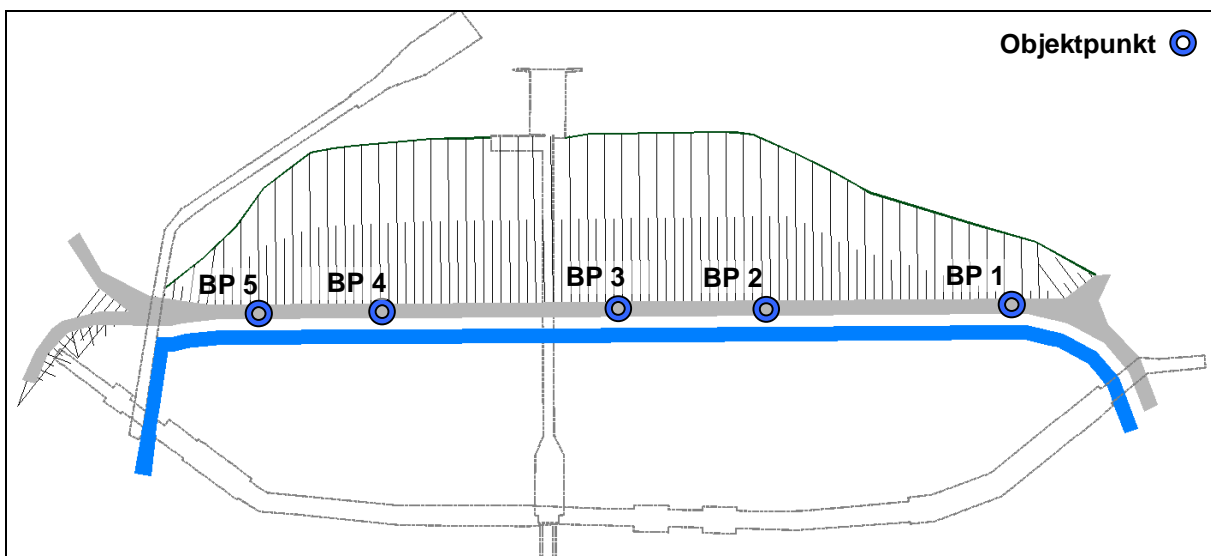


Abbildung: Verformungskontrolle in der Herdmauer mittels Messmarken und Wasserwaage

Abschließend werden die Betonbauwerke durch Höhenbolzen in z.T. räumlicher Anordnung verformungsmäßig überwacht. Die im Berichtsheft der Stauanlage aufgeführten Messwerte vom 26.10.2018 sind allesamt unkritisch und bewegen sich im Bereich zwischen -0,3 und +0,6 mm und somit im Rahmen der Messtoleranz.

### 3.1.5.1 Setzungsmessungen - Dammkrone

Die Messpunkte auf der Dammkrone haben sich gemäß "Steinbachtalsperre - Standsicherheitsnachweis Damm, Heft 1, Dipl.-Ing. Salveter, Oktober 1984" bis 1983 unter Beachtung der Nullmessung vom 23.11.1953 wie folgt gesetzt:



Messpunkt	Setzung, absolut	Dammhöhe	Setzung, relativ	Setzung / Jahr
BP 1	37 mm	15,0 m	0,246 %	1,23 mm/a
BP 2	109 mm	19,2 m	0,567 %	3,63 mm/a
BP 3	71 mm	19,4 m	0,366 %	2,37 mm/a
BP 4	76 mm	19,3 m	0,394 %	2,53 mm/a
BP 5	32 mm	15,5 m	0,206 %	1,06 mm/a

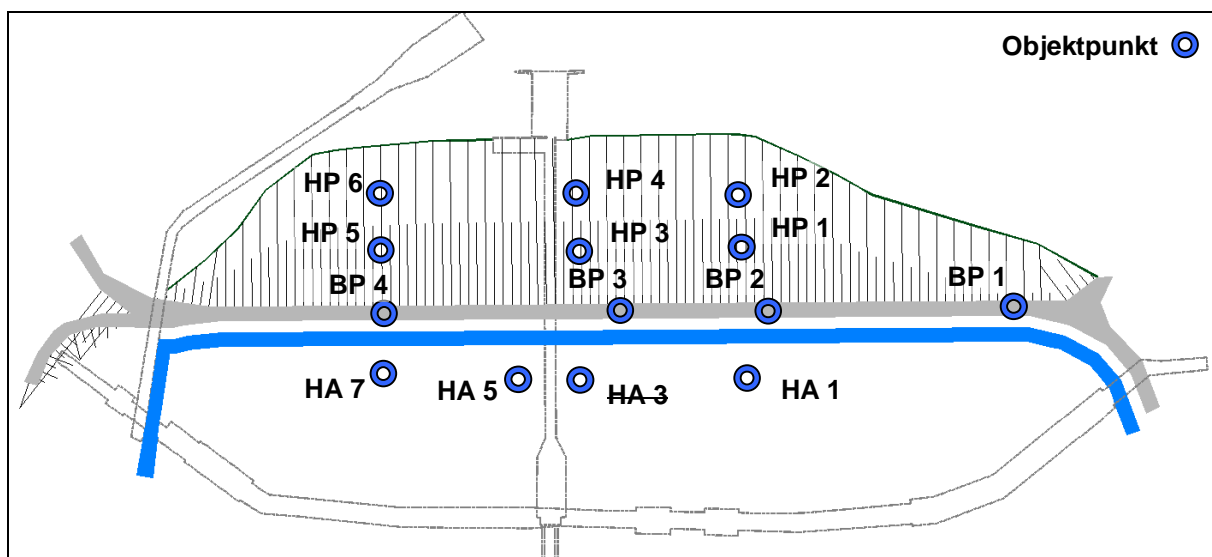
Mit Abschluss der Sanierung wurden die erneuerten Messpunkte wieder regelmäßig kontrolliert. Aufgrund der Änderungen an der Dammkrone sind die Messwerte nicht mehr auf die Ursprungsaufzeichnungen direkt übertragbar. Einen Anhalt für die Entwicklung kann hier jedoch ersatzweise der Vergleich der Setzungsgeschwindigkeiten liefern. Ferner steht aus "Sanierung der Steinbachtalsperre, Heft 3, Dipl.-Ing. Weinhold, Mai 1988" eine Setzungsprognose zur Verfügung, die den Messwerten gegenübergestellt werden kann. Eine Vorhersage über den Setzungszeitraum ist hier nicht enthalten.

Messpunkt	$\Delta s$ (77-83)	$\Delta s$ (90-18)	$\Sigma s$ (90-19)	Prognose
BP 1	0,71 mm/a	0,52 mm/a	16,0 mm	63 mm
BP 2	2,57 mm/a	0,61 mm/a	19,0 mm	80 mm
BP 3	1,14 mm/a	0,74 mm/a	23,0 mm	80 mm
BP 4	1,14 mm/a	0,87 mm/a	27,0 mm	80 mm
BP 5	0,28 mm/a	0,45 mm/a	14,0 mm	64 mm

Die Setzungsgeschwindigkeiten mit < 1 mm/a sind als gering einzustufen.

### 3.1.5.2 Setzungsmessungen - Luftseitige Böschung

Die bisherigen Messungen zeigen gemäß den Aufzeichnungen der Vermessungsbüros Kluss sowie der Auswertung der Diagramme Nr.86 – 87 Setzungen von 7 - 14 mm für 4 Messpunkte; HP1 weist jedoch eine überproportionale Setzung von 20 mm auf. Die Setzungen haben sich im Berichtsjahr nur gering weiterentwickelt. Die Setzungsgeschwindigkeit von i.M. < 1 mm/a ist als unbedenklich einzustufen. Auffälligkeiten wurden nicht festgestellt.



### 3.1.5.3 Setzungsmessungen - Wasserseitige Böschung

Die Verformungskontrolle erfolgt an der wasserseitigen Böschung über die Messeinrichtungen der Inklinometer sowie der Beobachtungspunkte HA<sub>i</sub>. Hierbei ist festzustellen, daß die Messpunkte HA 2, 4 ,6 und 8 auf der Höhenkote 275,00 mNN bei den vorherigen Messterminen im Regelfall überstaut waren. Der Messpunkt HA 3 wurde vom Vermessungsingenieur als zerstört registriert; eine Messung in den beiden Vorberichtszeiträumen erfolgte hier nicht. 2010 wurde HA 3 wiederinstandgesetzt und mit einer neuen Nullmessung versehen. Die Folgewerte wurden auf die Ursprungsmessung umgerechnet, so dass wieder eine fortlaufende Datenreihe zur Verfügung steht. Die Messergebnisse der Beobachtungspunkte HA 1, 3, 5 und 7 stellen sich wie folgt dar:

Messpunkt	$\Delta s$ (90-19)	$\Sigma s$ (90-19)	Prognose
HA 1	0,97 mm/a	30,0 mm	85 mm
HA 3	0,84 mm/a	26,0 mm	85 mm
HA 5	1,10 mm/a	34,0 mm	85 mm
HA 7	0,90 mm/a	28,0 mm	85 mm

Unter Beachtung der Ergebnisse, die in Diagramm Nr.86 dargestellt sind, bleibt festzustellen, dass sich die Setzungen um ca. 0,3 - 0,5 mm/a "schneller" entwickeln als bei den vergleichbaren Messpunkten auf der Dammkrone und auf der luftseitigen Böschung. Begründet wird diese Feststellung dadurch, dass nur der wasserseitige Stützkörper durch die Abflachung der Böschungsneigung betroffen war und sich hier in erster Linie Setzungen des neu eingebauten Ergänzungsmaterials ergeben. Alle Setzungen sind als unkritisch einzustufen

### 3.1.5.4 Übrige Setzungsmesspunkte

Die Höhenbolzen in den verschiedenen Betonbauwerken zeigen keine Auffälligkeiten. Die Kontrollmessungen der Fest- und Sicherungspunkte bestätigten die Unverschieblichkeit der Anlagenteile.

### 3.1.5.5 Verschiebungsmessungen

Die Setzungsmeßpunkte BP 1 - BP 5 sowie HA 1 - HA 6 dienen gleichzeitig der Überprüfung von Horizontalverschiebungen. Die zugehörige Bezugslinie wird von zwei tief gegründeten Stützpunktpfeilern außerhalb des Dammkörpers gebildet. Die Absolutbeträge der Verschiebungen, die infolge des Wasserdruckes zur Luftseite bisher feststellbar sind, stellen sich gemäß Diagramm Nr. 83 - 86 wie folgt dar:

Messpunkt	Maximum bis 2018	Verschiebung Berichtsjahr	Dammbreite	Verschiebung relativ
BP 1	18 mm	<b>17 mm</b>	46 m	0,0370%
BP 2	12 mm	<b>9 mm</b>	71 m	0,0127 %
BP 3	17 mm	<b>12 mm</b>	82 m	0,0147 %
BP 4	21 mm	<b>25 mm</b>	79 m	0,0316 %
BP 5	10 mm	<b>15 mm</b>	55 m	0,0272 %

Horizontalverschiebungen, die sich wie bei BP 4 – BP 5 am wasserseitigen Kronenrand innerhalb eines Berichtsjahres um 4 – 5 mm in Richtung der Luftseite vergrößern, sind ungewöhnlich, wenn man die Messwertentwicklung seit Beobachtungsbeginn betrachtet und davon ausgehen kann, dass sich die Deformation aufgrund weitergehender Konsolidation des Schüttkörpers nicht sprunghaft verhalten sollten. Die hierzu vom durchführenden Vermesser vorgenommene Sichtprüfung zeigte allerdings keine Auffälligkeiten.

Die Objektpunkte auf dem luftseitigen Dammkörper zeigen mit Ausnahme von HP 1 übliche Deformationsentwicklungen innerhalb eines Berichtsjahres.

Messpunkt	Maximum bis Vorjahr	Verschiebung Berichtsjahr	Dammbreite	Verschiebung relativ
HP 1	27 mm	<b>22 mm</b>	77 m	0,0350 %
HP 2	19 mm	<b>17 mm</b>	77 m	0,0246 %
HP 3	14 mm	<b>13 mm</b>	82 m	0,0171 %
HP 4	11 mm	<b>10 mm</b>	82 m	0,0134 %
HP 5	14 mm	<b>14 mm</b>	79 m	0,0177 %
HP 6	6 mm	<b>4 mm</b>	79 m	0,0071 %

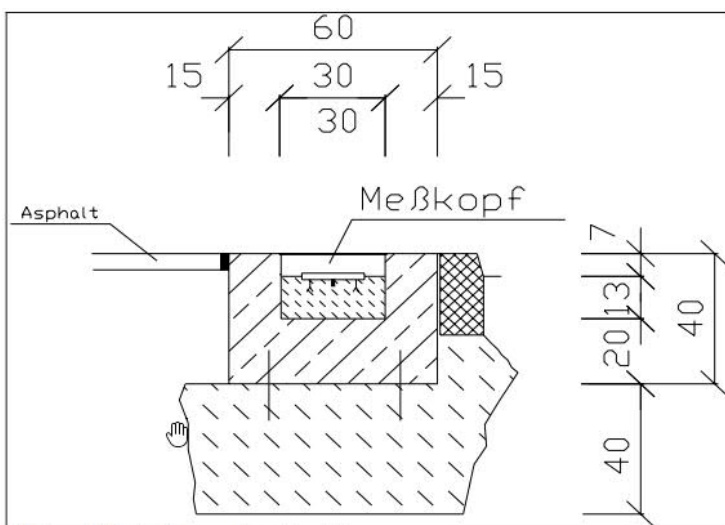
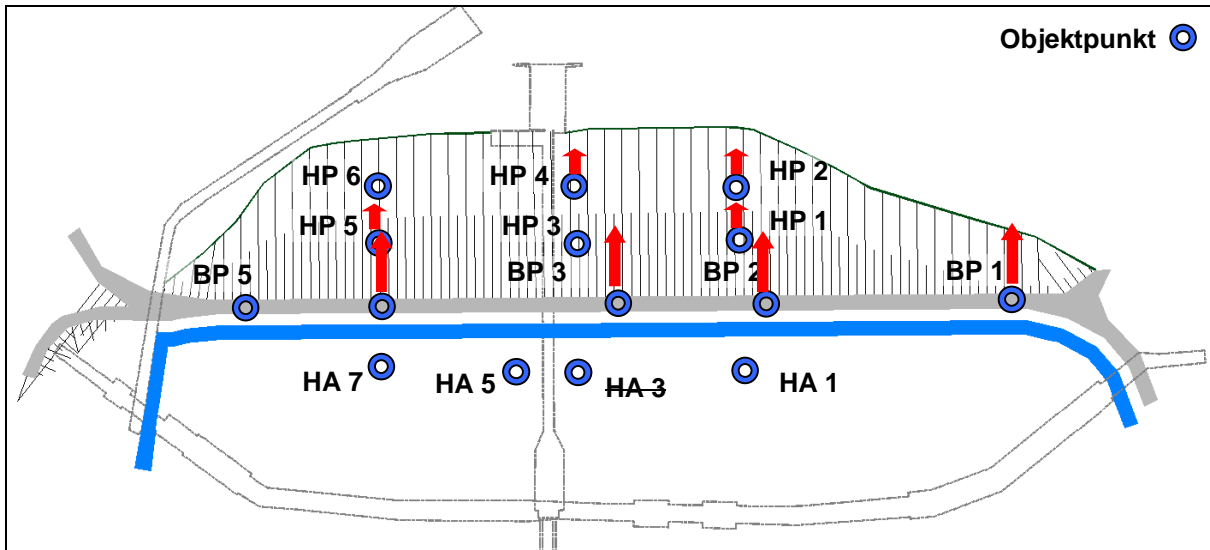


Abb. Objektpunkt

### 3.2 Ergebnisse von Begehungen

Die Anlage wurde im Berichtszeitraum mehrfach vom Unterzeichner besichtigt.

Durch den niedrigen Sperrenwasserstand war es möglich die Asphaltdeckung in größeren Bereichen als normal möglich in Augenschein zu nehmen. Die Mastixversiegelung zeigt sich blasen- und i.w. auch in diesem Berichtsjahr frei von Rissen und Schäden.

Der Betreiber hat die Steinsatzfläche weiter unterhalten und auch die Anschlussfuge im Übergang zur Asphaltaußendichtung neu vergossen.



Aufgrund der in Abschnitt 1.1 beschriebenen Maßnahmen des Betreibers sowie der kontinuierlichen Unterhaltung befindet die Stauanlage in einem guten Zustand und zeigt nur geringe altersgemäße Verschleißerscheinungen.

### 3.3 Ergebnisse von Funktionsprüfungen

Es wurden durch den Betreiber Funktionsprüfungen an den Grund- und Betriebsauslässen durchgeführt. Nach Aussage des Betreibers sowie nach Auswertung des Betriebstagebuches lassen sich alle Verschlüsse ordnungsgemäß bedienen.

## 4. Schlussfolgerungen

### 4.1 Beurteilung der Sicherheit

Die Steinbachtalsperre unterliegt den Talsperrenbedingungen der DIN 19700 und ist nach diesen Maßstäben zu bewerten. Zur Bewertung der Talsperre sind ebenso die allgemein anerkannten Regeln der Technik nach heutigem Stand heranzuziehen. Somit gliedert sich die Beurteilung der Sicherheit in drei Teilabschnitte:

#### A) Bemessung der Anlage

Die aus der hydrologischen Bemessung gewonnenen Bemessungsansätze wurden im Berichtsjahr nicht erreicht oder überschritten.

Die aus der hydraulischen Bemessung gewonnenen Bemessungsansätze wurden im Berichtsjahr nicht erreicht oder überschritten.

Die aus der statischen Bemessung gewonnenen Bemessungsansätze wurden im Berichtsjahr nicht erreicht oder überschritten.

#### B) Zustand der Anlage

Der Zustand der Sperrenanlage ist mit Ausnahme der unter Ziffer 3.2 aufgezeigten Fehlstellen mangelfrei.

#### C) Kontrolle der Anlage

Die Vorgaben des Betriebsplans wurden eingehalten.

Die Sicherheit einer Talsperre wird maßgeblich durch Art, Ausbildung und Bedienung der Meß- und Kontrolleinrichtungen beeinflusst, da diese neben der rein visuellen Kontrolle die einzige Möglichkeit darstellen, Veränderungen an dem Absperrbauwerk festzustellen. Art und Umfang werden in DIN 19700 und dem DWA - Merkblatt 504 geregelt.

Die Messungen erfüllen hinsichtlich Anordnung, Qualität und Häufigkeit allen Anforderungen. Die Auswertungen der Messergebnisse zeigen keine Auffälligkeiten.

### 4.2 Maßnahmen

Aus den unter Ziffer 3 bis 4.1 gemachten Ausführungen ergeben sich z.Z. keine zur Erhaltung der Funktions- und Dauerhaftigkeit und somit der Sicherheit erforderlichen Maßnahmen.

Für den Betreiber:  
Euskirchen, den

Für den Aufsteller:  
Bad Münstereifel, den 31.07.2020

