HYDRO-ENERGIE ROTH GMBH
Wasserkraftanlagen · Anlagentechnik · Wasserbau

JAHR 2017

SCHNAPPERWEHR IN HASLACH AN DER KINZIG

FESTSTELLUNG DES STAUZIELES AM SCHNAPPERWEHR

SCHNAPPERWEHR IN HASLACH

AN DER KINZIG

FESTSTELLUNG DES STAUZIELES AM SCHNAPPERWEHR

IM AUFTRAG DER:

STADTWERKE HASLACH

ALTE HAUSACHER STR. 1

77 716 HASLACH IM KINZIGTAL

TELEFON: +49 - 78 32 - 7 06-2 50

FAX: +49 - 78 32 - 7 06-2 89

E-MAIL: ROESCH@STADTWERKE-HASLACH.DE

BEARBEITUNG:

DIPL.-ING. A. ROTH

HYDRO-ENERGIE ROTH GMBH

ZEHNTSTR. 2

76 227 KARLSRUHE

TELEFON: +49 - 721 - 61 29 24

E-MAIL: INFO@HYDROENERGIE.DE

WEBSEITE: WWW.HYDROENERGIE.DE

FEBRUAR 2017

INHALTSVERZEICHNIS SEITE

1 VERANLASSUNG & ZIEL 1
2 HYDROLOGIE 1
2.1 EINZUGSGEBIET 1
2.2 ABFLUSS-HAUPTWERTE AM SCHNAPPERWEHR 2
2.3 ABFLUSSDAUERWERTE IM GEWERBEKANAL 3
2.4 FÜR DEN STAUWASSERSTAND AM SCHNAPPERWEHR RELEVANTE ABFLÜSSE 4
2.4.1 TEILLAST- UND VOLLLASTBETRIEB 5
2.4.2 WEHRANLAGE 5
2.4.3 FISCHAUFSTIEG 5
2.4.4 FISCHABSTIEG 5
3 VORBEREITUNG DER STAUZIELFESTSTELLUNG 6
3.1 CHRONOLOGISCHE ABFOLGE 6
3.2 HÖHENSYSTEME IN BADEN-WÜRTTEMBERG 7
3.3 HÖHENEINMESSUNG AM 12. & 13.12.2016 (VERMESSUNGSBÜRO MOSER) 8
3.3.1 WERK II 9
3.3.2 OK LANDZUNGE ZWISCHEN KANAL UND SCHNAPPERWEHR 10
3.3.3 OK SCHNAPPERWEHR 11
3.3.4 WASSERSPIEGELUNTERSCHIED ZWISCHEN EINLAUFSCHÜTZ UND SCHNAPPERWEHR 11
4 AUFZEICHNUNGEN FÜR DIE STAUZIELFESTSTELLUNG 13
4.1 AUSWERTUNG DER AUFZEICHNUNGEN 14
4.2 UNGEFILTERTE ROHDATEN 14
4.3 1. DATENBEREINIGUNG 15
4.3.1 ÜBERPRÜFUNG DES EINFLUSSES DES EINLAUFSCHÜTZES 16
4.4 2. DATENBEREINIGUNG 17
4.5 ZUSÄTZLICHE DATENERHEBUNG 18
5 STAUZIELFESTSTELLUNG 19
5.1 WERK II 19
5.2 GEWERBEKANAL 19
5.3 VERLUSTHÖHE ZWISCHEN EINLAUFSCHÜTZ UND STAUHALTUNG 19
5.4 ZUKÜNFTIGE ZUSÄTZLICHE VERLUSTHÖHE AN EINEM NEUEN FISCHSCHUTZRECHEN 19
5.5 STAUWASSERSTÄNDE IM BESTAND (STAUZIELFESTSTELLUNG) 20
6 ZUKÜNFTIGE STAUWASSERSTÄNDE AM SCHNAPPERWEHR 21
6.1 DYNAMISCHE STAUWASSERSTÄNDES 21
6.1.1 VARIANTE A: DYNAMISCHE STAUWASSERSTÄNDE UND **DYNAMISCHE MINDESTWASSERABGABE** 22
6.1.2 VARIANTE B: DYNAMISCHE STAUWASSERSTÄNDE UND **STATISCHE MINDESTWASSERABGABE** 22
6.2 VARIANTE C: STATISCHER STAUWASSERSTAND 23

Anlagenverzeichnis

Vermessungsplan am E-Werk II vom 12.12.2016, MOSER-VERMESSUNG GmbH 1:500

Vermessungsplan Schnapperwehr 13.12.2016, MOSER-VERMESSUNG GmbH 1:500

Vermessungsplan Schnapperwehr Haslach, 10./15.04.2014, Ingenieurteam TRENKLE 1:200

Pegel-Messprotokoll: Handschriftliche Aufzeichnung im Original, Stadtwerke Haslach

Pegel-Messprotokoll: Übertragung in Excel-Listen (Rohdaten), Stadtwerke Haslach

Pegel-Messprotokoll: 1. Datenbereinigung, Hydro-Energie Roth GmbH, 3.02.2017

Pegel-Messprotokoll: 2. Datenbereinigung, Hydro-Energie Roth GmbH, 4.02.2017

Pegel-Messprotokoll: Auswertung, Hydro-Energie Roth GmbH, 8.02.2017

Pegel-Messprotokoll: Nacherhebung, Stadtwerke Haslach, 8.02.2017

1 VERANLASSUNG & ZIEL

Bei Haslach wird durch das sogenannte „Schnapperwehr“ die Kinzig zum Zweck einer Kraftwerks-Ausleitung gestaut. Die Ausleitungsmenge beläuft sich auf maximal 7 m^3/s, welche durch 5 Wasserkraftanlagen im Gewerbekanal für die Gewinnung regenerativer Energie genutzt werden.

Seit Anfang 2014 laufen Planungen, die Wehranlage für Fischwanderungen durchgängig umzugestalten. Zudem ist vorgesehen, Fischwanderungen in den Gewerbekanal hinein durch die Installation eines Fischschutzrechens zur verhindern.

Diese Maßnahmen sollen im Rahmen von Ausgleichsmaßnahme für ein DB-Projekt umgesetzt werden. Die Planungen erfolgen durch das IB Floecksmühle. Die wesentliche Planungs-Grundlage stellt die Vermessung des Büro Trenkle vom 10. und 15.04.2014 dar.

Die Stauwasserstände sind für die Planung des Fischaufstieges und des Fischabstieges essential. In den Vermessungsunterlagen des Büro Trenkle sind zwei Wasserstände im Staubereich vermerkt. Eine amtliche Stauzielangabe konnte durch das IB Floecksmühle im Rahmen der hierzu beauftragten Grundlagenermittlung jedoch nicht ermittelt werden.

Die seitens des IB Floecksmühle geplanten Fischwanderhilfen sowie der Fischschutzrechen wurden gemäß Planungsstand Oktober 2014 direkt neben dem so genannten "Schnapperwehr" geplant. Es bietet sich somit für den Unterhaltungslastträger, in diesem Zuge Sanierungsmaßnahmen an der Wehranlage durchzuführen. Aus diesem Grunde wurde die Hydro-Energie Roth GmbH im März 2015 von den Stadtwerken Haslach beauftragt, eine Machbarkeitsstudie zur Erneuerung des beweglichen Wehraufsatzes zu erstellen, welche als Planungsgrundlage auf die Vermessung des Büro Trenkle und den Vorplanungsergebnisse des IB Floecksmühle aufbaut.

In dieser Vermessung wurden bei Niedrigwasserabfluss Stauwasserstände um ca. 220,83 mNHN vermerkt. Auch schienen einige Höhenmarken, welche dem Wehraufsatz zugeordnet wurden, einen Überstau über die beweglichen Wehrverschlüsse ab ca. 220,80 mNHN nahe zu legen. Konstruktionsbedingt müssen die beweglichen Wehrverschlüsse nach einem abgelaufenen Hochwasser von Hand in deren Ca.-Position eingesetzt werden. Es stellte sich heraus, dass der heutige Wehrverschluss als Höhenmaß für das Stauziel nicht geeignet ist.

Im November 2016 wurden die Stadtwerke Haslach aufgefordert, das bisher angenommene Stauziel am Schnapperwehr mit 220,80 mNHN als Planungsgrundlage zu bestätigen. Da bis zu diesem Zeitpunkt keine verlässlichen Daten gefunden werden konnten und mittlerweile bezüglich der Stauhöhe eine Sensibilisierung statt gefunden hatte bzw. Zweifel aufgekommen sind, welche eine statische Stauzielhöhe 220,80 mNHN nicht bestätigen konnte, wurde die Hydro-Energie Roth GmbH mit der Stauzielfeststellung beauftragt.

Ziel dieser Stauzielfeststellung ist, die Stauzielhöhen der vorhandenen Anlage festzustellen.

Die Installation von Fischwanderhilfen und insbesondre des Fischschutzrechens am Kanalbeginn sollen die Energieerträge der vorhandenen 5 Wasserkraftanlagen nicht noch weiter reduzieren. Daher soll auch die Frage geklärt werden, welche Stauwasserstände hierzu in Zukunft erforderlich sind und welcher grundsätzlichen Möglichkeiten der Stauregelung genutzt werden könnten.

2 HYDROLOGIE

2.1 EINZUGSGEBIET

Zur Abschätzung der **Abflusshauptwerte** am geplanten Anlagenstandort wurde das von der LUBW und der Universität Karlsruhe herausgegebene bzw. entwickelte Programm „Abfluss-Kennwerte in Baden-Württemberg“, kurz BW-Abfluss, verwendet. Der nächstgelegene **Gewässerknoten** befindet sich ca. 1,1 km oberhalb des Schnapperwehrs **an der Mündung des Fischerbaches in die Kinzig** und weist ein Einzugsgebiet von $A_{Eo\ Kinzig,\ uh.\ Fischerbach}$ = 688 km² auf.

Zur Ermittlung der **Abflussdauerwerte** wurde der amtliche **Pegel Hausach / Kinzig** ca. 1,6 km oberhalb des Schnapperwehrs mit einem Einzugsgebiet von $A_{Eo\ Pegel\ Hausach}$ ≈ 672 km² herangezogen. Für diesen Pegel liegen im Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch die statistischen Abflusswerte für die Jahre 1992 – 2014 und somit für 23 Abflussjahre vor.

Nach Computerplanimetrie ergibt sich am Schnapperwehr eine Einzugsfläche von **$A_{E0,\ Schnapperwehr}$ ≈ 692 km²**.

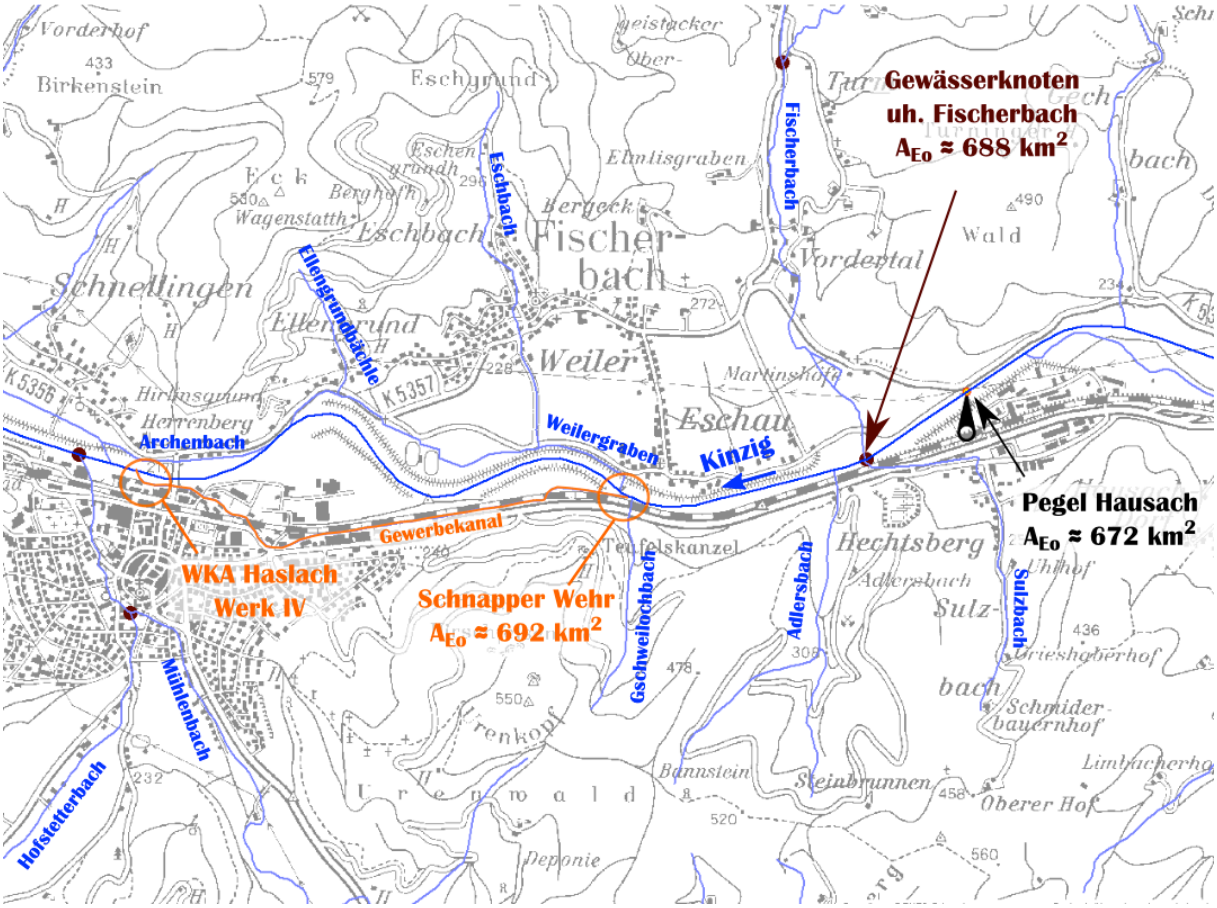


Abbildung 1: Übersicht der Hydrologie

2.2 ABFLUSS-HAUPTWERTE AM SCHNAPPERWEHR

Am Gewässerknoten Kinzig uh. Fischerbach stehen die Abfluss-Hauptwerte NQ, MNQ, MQ und HQ_X gemäß dem Programm „BW- Abfluss" der LUBW zur Verfügung.

Der Umrechnungsfaktor zwischen Gewässerknoten Kinzig uh. Fischerbach und Schnapperwehr beträgt $A_{E0,\ Wehr}$ / $A_{E0,\ Gewässerknoten}$ ≈ 1,01. Daraus resultieren die entsprechenden Hauptwerte für das Schnapperwehr:

Tabelle 1: Hydrologische Hauptwerte am Gewässerknoten und Wehranlage

	Gewässerknoten uh. Fischerbach	**Schnapperwehr**
NQ_{100}	0,934 m^3/s	0,940 m^3/s
MNQ	3,12 m^3/s	3,14 m^3/s
MQ	18,3 m^3/s	18,4 m^3/s
MHQ	266 m^3/s	268 m^3/s
HQ_{100}	742 m^3/s	747 m^3/s

HINWEIS: Alle nachfolgenden Angaben zu den Unterschreittagen, Abflüssen oder den Energieerträgen beziehen sich immer auf das langjährige statistische Mittel. Abweichungen aufgrund feuchter und trockener Jahre verändern die jeweiligen Jahreswerte teilweise erheblich.

2.3 ABFLUSSDAUERWERTE IM GEWERBEKANAL

Die Abflusswerte am Wehr werden anhand des topographischen Umrechnungsfaktors $f \approx A_{EO,\ Wehr} / A_{EO,\ Pegel\ Hausach} \approx 1{,}03$ berechnet. Am Schnapperwehr werden maximal 7 m^3/s in den Gewerbekanal abgeleitet und eine Mindestwassermenge von ca. 1,7 m^3/s in die Kinzig abgeschlagen.

Tabelle 2: Abflussdauerwerte am Schnapperwehr Haslach

Unterschrittene Tage [Ø Tage/a]	**Q Pegel Hausach (1992-2014)** [m^3/s]	**Q Schnapper Wehr** [m^3/s]	**Q Kinzig uh. Wehr** [m^3/s]	**Q Gewerbekanal** [m^3/s]
364	151	155	148	7,00
363	123	127	120	7,00
362	103	106	99,1	7,00
361	94,0	96,8	89,8	7,00
360	83,9	86,4	79,4	7,00
359	78,9	81,2	74,2	7,00
358	75,0	77,2	70,2	7,00
357	71,1	73,2	66,2	7,00
356	67,1	69,1	62,1	7,00
350	54,1	55,7	48,7	7,00
340	41,8	43,0	36,0	7,00
330	34,7	35,7	28,7	7,00
320	30,0	30,9	23,9	7,00
300	24,1	24,8	17,8	7,00
270	18,9	19,5	12,5	7,00
240	15,3	15,8	8,76	7,00
210	12,6	13,0	5,98	7,00
200	11,9	12,3	5,25	7,00
182	10,7	11,0	4,02	7,00
150	8,81	9,07	2,07	7,00
130	7,78	8,01	1,70	6,31
120	7,31	7,53	1,70	5,83
110	6,89	7,10	1,70	5,40
100	6,44	6,63	1,70	4,93
90	5,98	6,16	1,70	4,46
70	5,23	5,39	1,70	3,69
60	4,89	5,04	1,70	3,34
50	4,55	4,69	1,70	2,99
40	4,24	4,37	1,70	2,67
30	3,89	4,01	1,70	2,31
25	3,73	3,84	1,70	2,14
20	3,55	3,66	1,70	1,96
15	3,35	3,45	1,70	1,75
10	3,19	3,28	1,70	1,58
9	3,14	3,23	1,70	1,53
8	3,10	3,19	1,70	1,49
7	3,06	3,15	1,70	1,45
6	3,02	3,11	1,70	1,41
5	2,97	3,06	1,70	1,36
4	2,92	3,01	1,70	1,31
3	2,88	2,97	1,70	1,27
2	2,83	2,91	1,70	1,21
1	2,76	2,84	1,70	1,14
0	2,67	2,75	1,70	1,05

2.4 FÜR DEN STAUWASSERSTAND AM SCHNAPPERWEHR RELEVANTE ABFLÜSSE

Das Wasser der Kinzig wird durch das Schnapperwehr gestaut und in den Gewerbekanal ausgeleitet. Zu Beginn des eigentlichen Gewerbekanals befindet sich ca. 60 m unterstrom des eigentlichen Staubereiches das sogenannte Einlaufschütz. Dieses Einlaufschütz wird bei Teillastbetrieb nicht zur Regelung des Stauwasserstandes am Schnapperwehr eingesetzt.

Bei Volllastbetrieb und zusätzlich erhöhten Wasserständen am Schnapperwehr, aber auch bei Eisgang geschützt, wird das Einlaufschütz in groben Stufen von Hand zur Drosselung eingesetzt.

Anschließend fließt das ausgeleitete Wasser ca. 860 m im Gewerbekanal weiter zur ersten Wasserkraftanlage der Stadtwerke Haslach, dem sogenannten Werk II.

Das Werk II verfügt über ein Streichwehr und eine eingestaute Abschwemmrinne. Die Wasserstandsregelung erfolgt direkt vor dem Werk II mittels Messsonde, welche etwas oberstrom des Rechens installiert ist, auf < ± 2 cm genau. Zu diesem Wasserstand vor dem Rechen des Werks II addieren sich die Fließhöhenverluste des insgesamt ca. 920 m langen Kanals. Der Wasserstand am Schnapperwehr beträgt somit:

Wasserstand vor Rechen + Fließhöhenverluste Kanal = Wasserstand am Schnapperwehr.

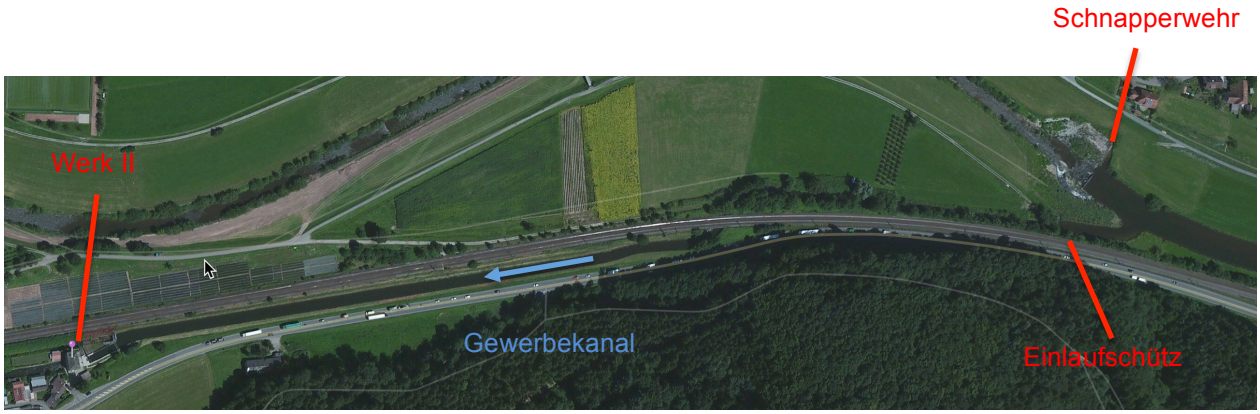


Abbildung 2: Luftbild Schnapperwehr, Ausleitung Gewerbekanal & Werk II

Die Ausleitungsmenge im Kanal beläuft sich auf $Q_{Gewerbekanal} \approx 7$ m³/s, die Mindestwassermenge in der Ausleitungsstrecke soll $Q_{Min} \approx 1{,}7$ m³/s betragen. Ab einer Wassermenge in der Kinzig von $Q_{Kinzig} \geq 8{,}7$ m³/s wird die Ausbauwassermenge erreicht bzw. überschritten, die Anlage geht in den Volllastbetrieb über. Beim Übergang von Teil- auf Volllastbetrieb werden die größten Fließhöhenverluste erwartet.

Physikalisch bedingt, steigt ab einer Wassermenge in der Kinzig von $Q_{Kinzig} \geq 8{,}7$ m³/s der Wasserstand am Schnapperwehr zusätzlich an.

2.4.1 TEILLAST- UND VOLLLASTBETRIEB

Für die Stauwasserstände am Schnapperwehr muss in Teillast- und Volllastbetrieb unterschieden werden:

Teillastbetrieb: Die Steuerung des Werks II regelt den Turbinendurchfluss auf den festgelegten Sollwasserstand am Rechen des Werks II. Der Sollwasserstand entspricht nahezu der OK Streichwehr. Der Sollwasserstand kann bei modernen Anlagensteuerungen auf ± 2 cm genau geregelt werden, so auch am Werk II. Befindet sich die Messsonde an der Anlage und entstehen zwischen der Messsonde und dem Wehr je nach Abfluss unterschiedliche Fließhöhenverluste, so liegt ein dynamisches Stauziel am Wehr vor.

Volllastbetrieb: Mit dem Einsetzen des Volllastbetriebes sind die Schluckmöglichkeiten und somit die Regelmöglichkeiten der Turbine auf den Soll- und Stauwasserstand ausgeschöpft. Zusätzliche Wassermengen müssen entlastet werden, oder diese müssen über z. B. Streichwehre abfließen können, was zu einem Überstau führen muss. Diese Überstau-Situation bei Volllastbetrieb stellt sich gemäß Tabelle 2 am Schnapperwehr an Ø mehr als 215 Tagen/a ein. Daher sind die Vorländer um das Wehr herum gepanzert bzw. als Streichwehre ausgebildet. Statistisch betrachtet muss bereits ab Q_{150} mit zunehmend erhöhten Stauwasserständen am Schnapperwehr gerechnet werden.

2.4.2 WEHRANLAGE

Für die Auslegung der Wehranlage bzw. der beweglichen Wehrverschlüsse ist der Stauwasserstand beim Übergang von Teil- zu Volllastbetrieb sowie die wasserrechtliche Situation maßgeblich. Niedrigwasserstände sind nicht maßgeblich.

2.4.3 FISCHAUFSTIEG

Gemäß DWA M509 sollten Fischaufstiege an Ø ≈ 300 Tagen/a uneingeschränkt durchgängig geplant werden. Die Auslegung erfolgt daher meist für den Bereich zwischen Q_{30} und Q_{330}.

Für den oberen Grenzwert Q_{330} muss am Schnapperwehr mit signifikant erhöhten Stauwasserständen gerechnet werden, welche nochmals über den Wasserständen beim Übergang von Teil- auf Volllastbetrieb liegen. Das Schnapperwehr wird erst bei Hochwasser geöffnet.

Für größere Wasserstandsschwankungen zwischen Q_{30} und Q_{150} muss die Funktion des Fischaufstieges sichergestellt sein.

2.4.4 FISCHABSTIEG

Für Fischabstiege in Baden-Württemberg steht seit November 2016 die "Handreichung Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen" der LUBW zur Verfügung.

Für größere Wasserstandsschwankungen zwischen Q_{30} und Q_{150} muss die Funktion des Fischabstieges sichergestellt sein.

3 VORBEREITUNG DER STAUZIELFESTSTELLUNG

3.1 CHRONOLOGISCHE ABFOLGE

02.12.2016:	Beauftragung der Hydro-Energie Roth GmbH mit der Stauzielfeststellung
07.12.2016:	Vorschlag zum geplante Vorgehen zur Stauzielfeststellung ans LRA Ortenaukreis gesendet und um Genehmigung gebeten.
09.12.2016:	Genehmigung durch das an LRA Ortenaukreis
12. & 13.12.2016	Die für die Stauzielfeststellung wesentlichen Höhen wurden durch das Vermessungsbüro Moser eingemessen.
15.12.2016 bis 31.01.2017:	Wasserstandsaufzeichnungen der Stadtwerke Haslach
03.02.2016 bis 08.02.2017:	Auswertung der Daten
7.02. & 08.02.2017:	Nacherhebung erforderlicher Daten beim Übergang von Teil- auf Volllastbetrieb

Anmerkung: Um nachvollziehbare, plausible Daten für das gesamte Stauzielspektrum des Teillastbetriebes korrekt abbilden zu können, muss die Datenerfassung das gesamte Durchfluss- und Leistungsspektrum aufzeichnen. Voraussetzung hierzu sind die geeigneten Abflüsse in der Kinzig, zumal die Wasserkraftnutzung am Gewerbekanal mit nur einem vergleichsweise geringen Ausbaugrad von Q_A / MQ ≈ 8,7 m^3/s / 18,4 m^3/s ≈ 0,47 genutzt wird. Es sind daher die Abflüsse in der Kinzig zwischen ca. Q_{30} und Q_{150} von Interesse.

Dabei ist auch zu beachten, dass die Datenerfassung nicht bei steigenden Pegeln, Unwetter oder Eisgang stattfinden darf.

Die Abflüsse im hydrologischen Winterhalbjahr liegen meist deutlich über Q_{30}. Glücklicherweise lag zum Messbeginn noch eine derartige Niedrigwassersituation vor.

In der zweiten Januarhälfte 2017 konnte für einen längeren Zeitraum aufgrund von starkem Frost und nachfolgendem Eisgang keine plausiblen Datenaufnahme genutzt werden.

3.2 HÖHENSYSTEME IN BADEN-WÜRTTEMBERG

Ab 1885:

Ab 1885 gibt es "vereinheitlichte" Angaben als Höhen über NN im "alten System". Diese unterscheiden sich jedoch zwischen badischem und württembergischen Landesteil. Das Höhensystem wird für den badischen Landesteil mit der Statuszahl 010 gekennzeichnet, kurz HST 010, für den württembergischen Landesteil mit der Statuszahl 020, kurz HST 020.

Ab 1979:

Höhen über NN im „Neuen System“. Die Höhen im „Neuen System“ sind normalorthometrische Höhen im DHHN12. Als Unterscheidungsmerkmal wurde – zur Zeit der Karteikarte – der Großbuchstabe N vor den Wert der Höhe gesetzt. Seit der automatisierten Abgabe von Höhen gilt als Unterscheidungsmerkmal die Höhenstatuszahl 130, kurz "HST 130".

Korrekturwerte für badische Höhen im Alten System zeigen für den Bereich Haslach: +0,10 m.

Die neueren Zahlenwerte des HST 130 liegen somit um +0,10 m höher als die alten Zahlenwerte.

Ab 2008:

Höhen im DHHN92. Die Höhen sind Normalhöhen (nach Molodenski) über Normalhöhennull (NHN). Als Unterscheidungsmerkmal gilt die Höhenstatuszahl 160 oder kurz "HST 160". Die Unterschiede zu den Höhen im „Neuen System“ (Höhenstatuszahl 130) reichen auf dem Gebiet von Baden-Württemberg von -4 bis +6 cm.

Unterschied in Haslach: 0,00 bis -0,02 m.

Die neueren Zahlenwerte des HST 160 liegen somit um 0,00 bis -0,02 m tiefer, als die Zahlenwerte des HST 130.

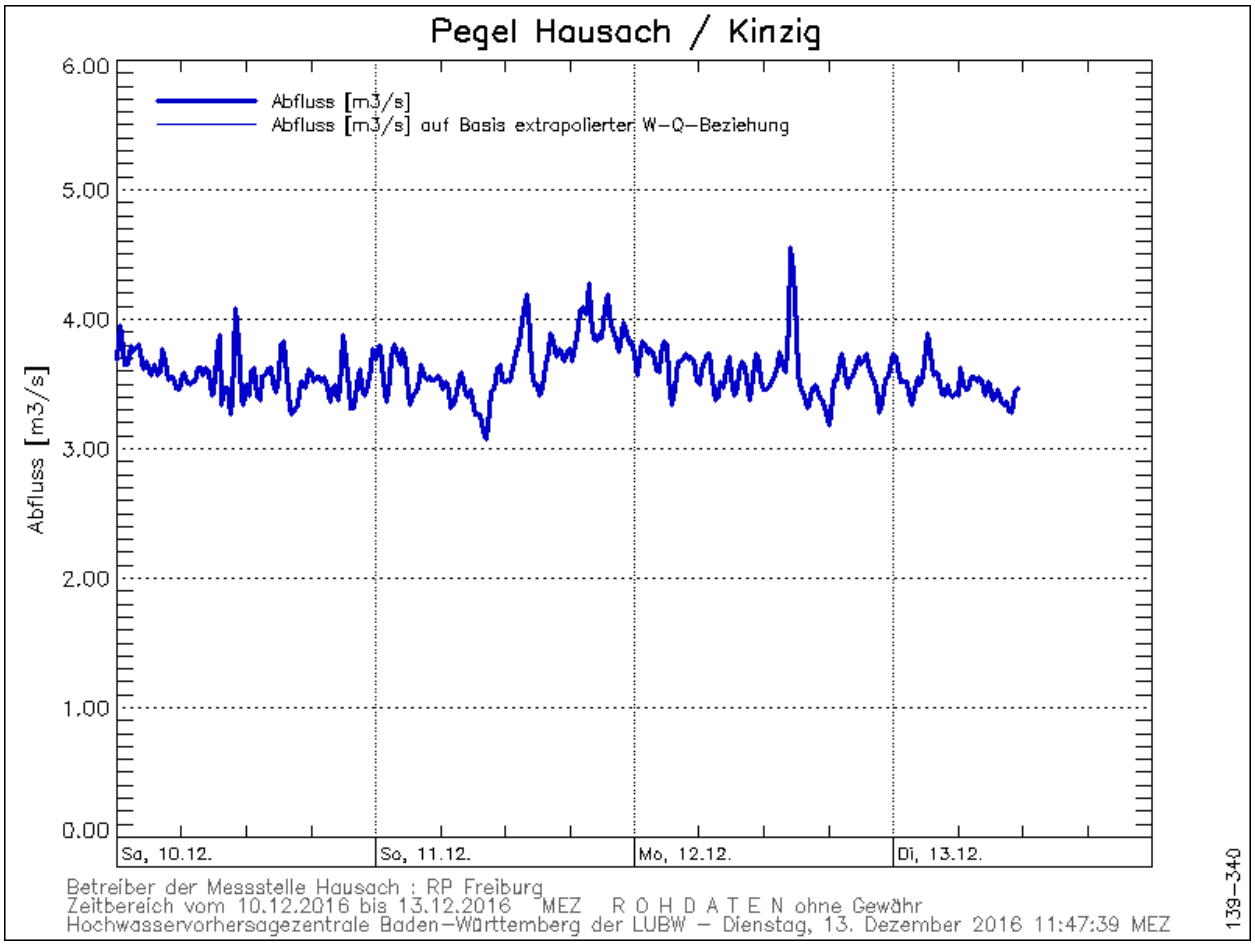
3.3 HÖHENEINMESSUNG AM 12. & 13.12.2016 (VERMESSUNGSBÜRO MOSER)

Am 12.12.2016 wurde durch das Vermessungsbüro Moser der Staubereich vor dem Werk II vermessen, am 13.12.2016 der Wehrbereich am Schnapperwehr mit den dortigen Wasserständen. Alle Höhen liegen im HST 160 bzw. in mNHN vor.

Bei dieser genauen Einmessung erfolgte auch die Einmessung der Pegelmesssonden, sodass die Wasserstände in der Schaltwarte der Stadtwerke Haslach direkt in mNHN abgelesen werden können. Die Vermessungspläne sind in den Anlagen ersichtlich.

Im Vermessungszeitraum zeigte der Pegel Hausach einen Niedrigwasser-Abfluss von $Q_{Kinzig} \approx 3{,}5\ m^3/s$, was in etwa dem Q_{20} entspricht.

Graphik 1: Aufzeichnung der HVZ für den Pegel Hausach/Kinzig, abgerufen am 13.12.2016.



3.3.1 WERK II

Im Jahr 2005 wurde der Zulauf inkl. Streichwehr des Werks II saniert und eine Abschwemmrinne installiert. Die zuvor im Höhensystem HST 130 eingemessene OK Streichwehr wurde mit 220,84 mNN wieder hergestellt.

Die **OK Streichwehr am Werk II** konnte am 12.12.2016 an drei Punkten mit **220,83 bis 220,84 mNHN** und im HST 160 bestätigt werden.

Vor dem Rechen des Werks II befindet sich zur Eigenkontrolle eine "Messmarke" welche mit 220,795 mNHN eingemessen wurde. Die Pegelsonden wurde auf diesen Höhenwert geeicht, sodass die Höhenwerte der elektronischen Pegelmesssonden auf ±0,005 m mit den tatsächlichen Wasserständen übereinstimmen.

Abbildung 3: Streichwehr vor dem Rechen des Werk II am 12.12.2016.

3.3.2 OK LANDZUNGE ZWISCHEN KANAL UND SCHNAPPERWEHR

Für die Landzunge zwischen Schnapperwehr und Gewerbekanal wurde die GOK mitvermessen, siehe Vermessungsplan in den Anlagen. Die für eine Überströmung relevanten Bereiche liegen durchweg bei GOK > 221,01 mNHN. Die Abbildungen 4 und 5 zeigen diesen Bereich bei einem Wasserstand an der Messsonde Einlaufschütz von 220,997 mNHN. Der Stauwasserstand am Schnapperwehr muss physikalisch bedingt einige cm höher gelegen haben. Auf Abbildung 5 sieht man, dass dieser Bereich noch nicht überströmt wurde.

Abbildung 4: Schnapperwehr am 15.01.2017 um 9:00 Uhr

Abbildung 5: Schnapperwehr am 15.01.2017 um 9:00 Uhr von OW

3.3.3 OK SCHNAPPERWEHR

Besonderer Auftrag an das Büro Moser war, eindeutig die OK der hölzernen Wehrverschlüsse und der umliegenden Streichwehre, sowie die Stauwasserstände aufzunehmen.

Am 12.12.2016 wurde der Bereich vor dem Werk II vermessen, am 13.12.2016 der Bereich am Schnapperwehr. Dabei galt es, die Wasserstände an beiden Tagen am Werk II und am Schnapperwehr möglichst konstant zu halten.

Die Vermessung des Büros Moser zeigte für die Wehrverschlüsse aus Holz eine OK ≈ 221,05 bis 221,07 mNHN.

Die Höhen bzw. die Interpretierung der Vermessung des Büros Trenkle vom 10. & 15.04.2014 mit ca. 220,83 mNHN konnten nicht bestätigt werden. Dies ist auf den umseitigen Abbildung 6 und 7 (Ausschnitt Vermessungsplan Moser, vollständiger Plan siehe Anlagen) gut nachvollziehbar.

3.3.4 WASSERSPIEGELUNTERSCHIED ZWISCHEN EINLAUFSCHÜTZ UND SCHNAPPERWEHR

Auffallend ist bei beiden Vermessungen, dass selbst bei sehr geringen Wassermengen in der Kinzig und im Gewerbekanal bereits ein Wasserspiegelunterschied zwischen dem Bereich Einlaufschütz und dem Staubereich des Schnapperwehres gemessen wurde.

Vermessung Büro Moser am 13.12.2016 (Q_{Kinzig} ≈ 3,5 m^3/s entsprechend ca. Q_{20})

Wasserstand Bereich der Messsonde am Einlaufschütz:	220,84 mNHN
Wasserstand Bereich vor dem Schnapperwehr:	220,87 mNHN
Wasserspiegelunterschied ≈	≈ 0,03 m

Vermessung Büros Trenkle vom 10.04.2014 (Q_{Kinzig} ≈ ? m^3/s)

Wasserstand Bereich der Messsonde am Einlaufschütz:	220,78 mNHN
Wasserstand Bereich vor dem Schnapperwehr:	220,83 mNHN
Wasserspiegelunterschied ≈	≈ 0,05 m

Abbildung 6: Schnapper am 12.12.2016

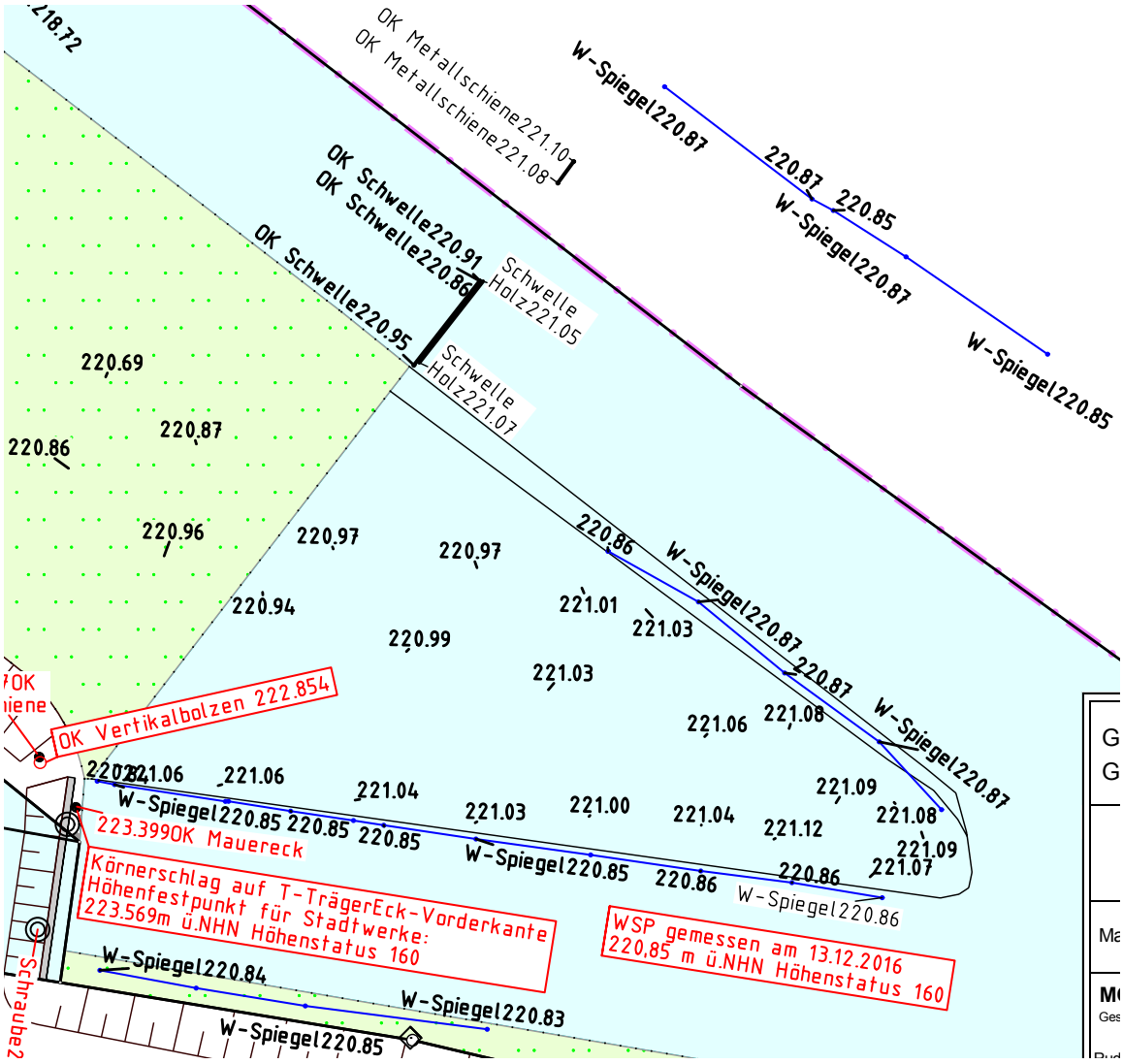


Abbildung 7: Ausschnitt aus Vermessungsplan vom 13.12.2016 (Quelle: IB Moser)

4 AUFZEICHNUNGEN FÜR DIE STAUZIELFESTSTELLUNG

Die Stadtwerke Haslach zeichneten vom 15.12.2016 bis zum 8.02.2017 folgende Daten auf:

- Datum
- Uhrzeit
- Elektrische Abgabeleistung Werk II
- Wasserstand am Werk II vor dem Rechen
- Öffnungsgrad des Einlaufschützes
- Wasserstand direkt oberstrom des Einlaufschützes
- Hilfsweise: Wasserstand am Pegel Hausach
- Hilfsweise: Wasserstand am Pegel Schwaibach

Zu dem "Wasserstand direkt oberstrom des Einlaufschützes":

Diese Messsonde sitzt direkt oberstrom des Einlaufschützes und nicht direkt am Schnapperwehr! Es sind daher die hydraulischen Fließhöhenverluste vom Einlaufschütz bis hin zum Schnapperwehr zu beachten!

In diesem Zusammenhang sei auch angemerkt, dass dann an der Messsonde aufgrund der dort vorhandenen Fließgeschwindigkeiten, insbesondere beim Erreichen des Volllastbetriebes, ein hydrodynamischer Druckabfall registriert wird, welcher bei z. B. Ø v ≈ 1 m/s im Kanal wiederum ca. 5 cm geringere Wasserstände als am Schnapperwehr aufzeichnet, denn es gilt:

$$dh = v^2/2g$$

Die Verlusthöhe zwischen Einlaufschütz und Schnapperwehr sowie der mögliche hydrodynamische Druckabfall (= Sunk) wurden nur bei der Vermessung am 13.12.2016 genau aufgenommen. Zum Messzeitpunkt wurde jedoch am Werk II nur $P_{elektr.}$ ≈ 76 KW registriert. Trotz des geringen Kanaldurchflusses von weniger als 1/3 des Maximums wurde bereits eine Höhendifferenz zwischen Messsonde Einlaufschütz und Schnapperwehr von ca. 3 cm registriert! Am 10.04.2014 registrierte das Büro Trenkle ca. 5 cm.

D. h. die gemessenen Wasserstände an der obersten Messsonde am Einlaufschütz stellen nicht gleichzeitig exakt die maximalen Stauwasserstände am Schnapperwehr dar; diese müssen physikalisch bedingt einige cm über diesen Messwerten liegen!

4.1 AUSWERTUNG DER AUFZEICHNUNGEN

Die Rohdaten konnten für den gesamten relevanten Teillastbereich sowie für den Übergang von Teil- auf Volllast aufgezeichnet werden.

Auf eine Umrechnung der elektrischen Abgabeleistung am Werk II in den Kanaldurchfluss wurde aufgrund fehlender Wirkungsgradverläufe für die Turbine und den Generator verzichtet. Die Datenerhebung umfasst den gesamten Leistungs- und somit Durchflussbereich, sodass der daraus resultierende Fehler den großen Umrechnungsaufwand nicht rechtfertigt.

Die Daten für die Wasserstände am Rechen und vor dem Einlaufschütz sowie die Fließhöhenverluste im Gewerbekanal (vereinfacht als "dh Kanal" bezeichnet) wurden in Abhängigkeit der elektrischen Abgabeleistung des Werks II (vereinfacht als "P_{elektr}" bezeichnet) graphisch aufgetragen.

4.2 UNGEFILTERTE ROHDATEN

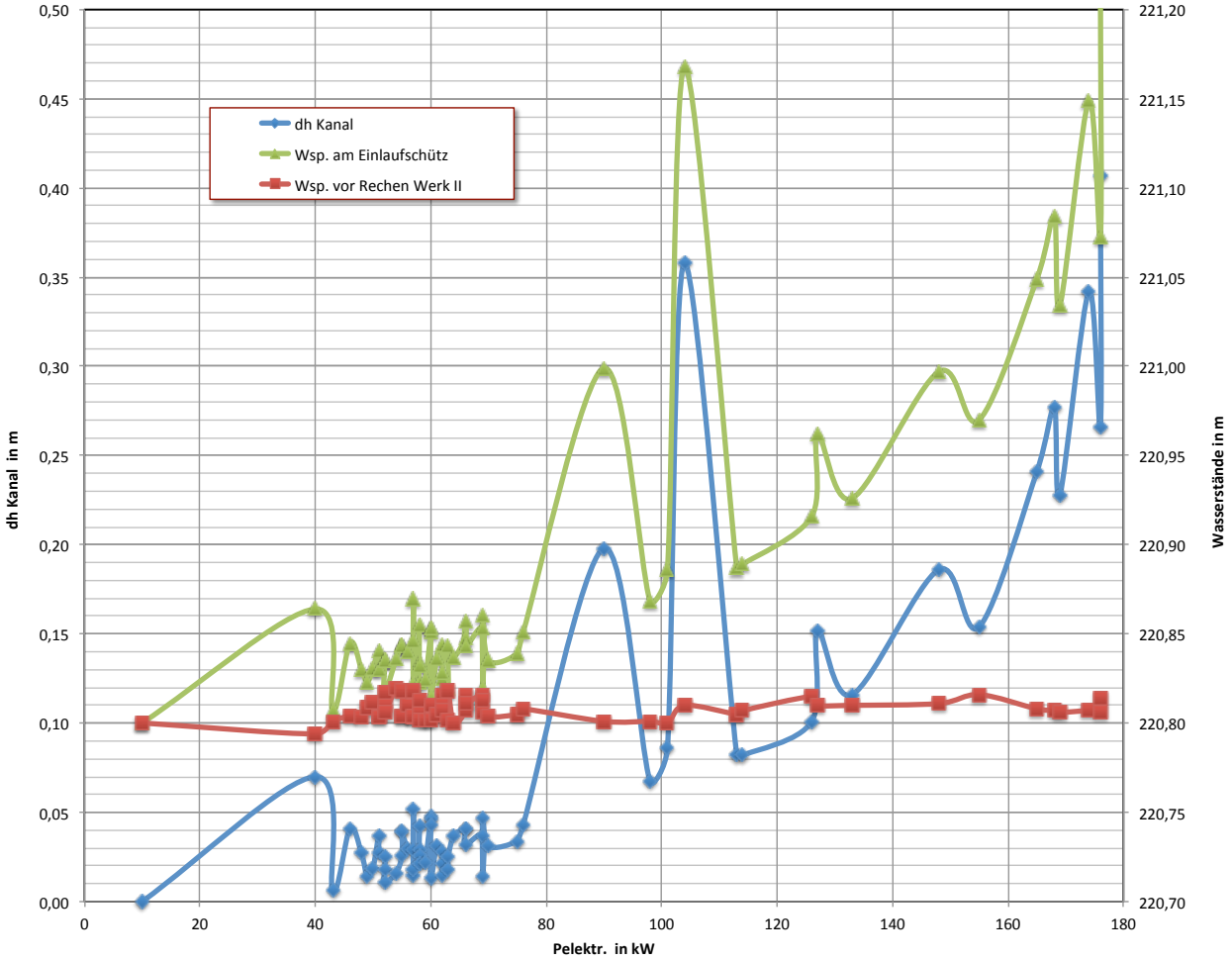
Die erste Datenübermittlung reichte bis zum 31.01.2017.

Die Rohdaten liegen handschriftlich mit Unterschrift vor, siehe Anlagen. Diese sind für die Erzeugung einer zusammenhängenden, aufsteigenden Wertetabelle noch nicht geeignet.

4.3 1. DATENBEREINIGUNG

Im Messzeitraum musste das Werk II wegen Frost und Eisgang abgestellt werden. Die Rohdaten wurden daher im ersten Schritt von diesen Zeiträumen bereinigt.

Graphik 2: Nach 1. Datenbereinigung: Wsp. vor dem Rechen Werk II, Wsp. am Einlaufschütz und Fließhöhenverluste (dh Kanal) in Abhängigkeit der Turbinenleistung.



In Graphik 1 werden mehrere "Ausreißer" mit erhöhten Stauwasserständen am Schnapperwehr deutlich. Diese entstanden durch ein teilweise geschlossenes Einlaufschütz.

4.3.1 ÜBERPRÜFUNG DES EINFLUSSES DES EINLAUFSCHÜTZES

Wie bereits beschrieben, wird das Einlaufschütz von Hand bedient, es ist keine Automatik vorhanden.

Nach Informationen der Stadtwerke Haslach soll ab einer Schützöffnung ≥ 73 % die UK Schütztafel auch beim Übergang von Teil- zu Volllast (somit den höchsten Wasserständen am Einlaufschütz) nicht in den Wasserstrom des Gewerbekanals eintauchen.

Die Schütztafel wird daher selten weiter angehoben. Zur Sicherheit wird kurz vor dem Erreichen des Volllastbetriebes, bei nicht sicher fallendem Pegel, bei viel Geschwemmsel oder bei drohendem Eisgang das Absperrschütz bereits etwas eingetaucht bzw. geschlossen.

Am 7.02.2017 wurde überprüft, ab wann beim Übergang von Teil- auf Volllast eine Beeinflussung der Wasserstände zu verzeichnen ist.

Tabelle 3: Einfluss des Einlaufschützes auf die Wasserstände

Datum	Uhrzeit	Schnapper Messp. Einlaufschütz	Werk 2 vor Rechen	dh	Werk 2 Erzeugung	Einlaufschütz Stellung
R. Rösch & A. Roth		[mNHN]	[mNHN]	[m]	[kW]	[%]
06.02.17	16:17	221,169	220,813	0,356	175	44,31
06.02.17	16:22	221,165	220,823	0,342	180	49,02
07.02.17	10:42	221,110	220,805	0,305	170	50
07.02.17	10:57	221,114	220,814	0,300	176	53,33
07.02.17	11:07	221,104	220,815	0,289	177	56,47
07.02.17	11:15	221,098	220,823	0,275	176	60,78
07.02.17	17:04	221,080	220,806	0,274	177	60,78
07.02.17	17:14	221,072	220,811	0,261	175	64,71
07.02.17	17:21	221,072	220,818	0,254	176	70,2
07.02.17	17:30	221,071	220,820	0,251	177	73,37
07.02.17	17:42	221,070	220,819	0,251	177	75,29

Wie aus Tabelle 3 ersichtlich, beläuft sich die Beeinflussung von "dh" zwischen 70,2 und 73,37 % Schützöffnung auf nur noch wenige mm.

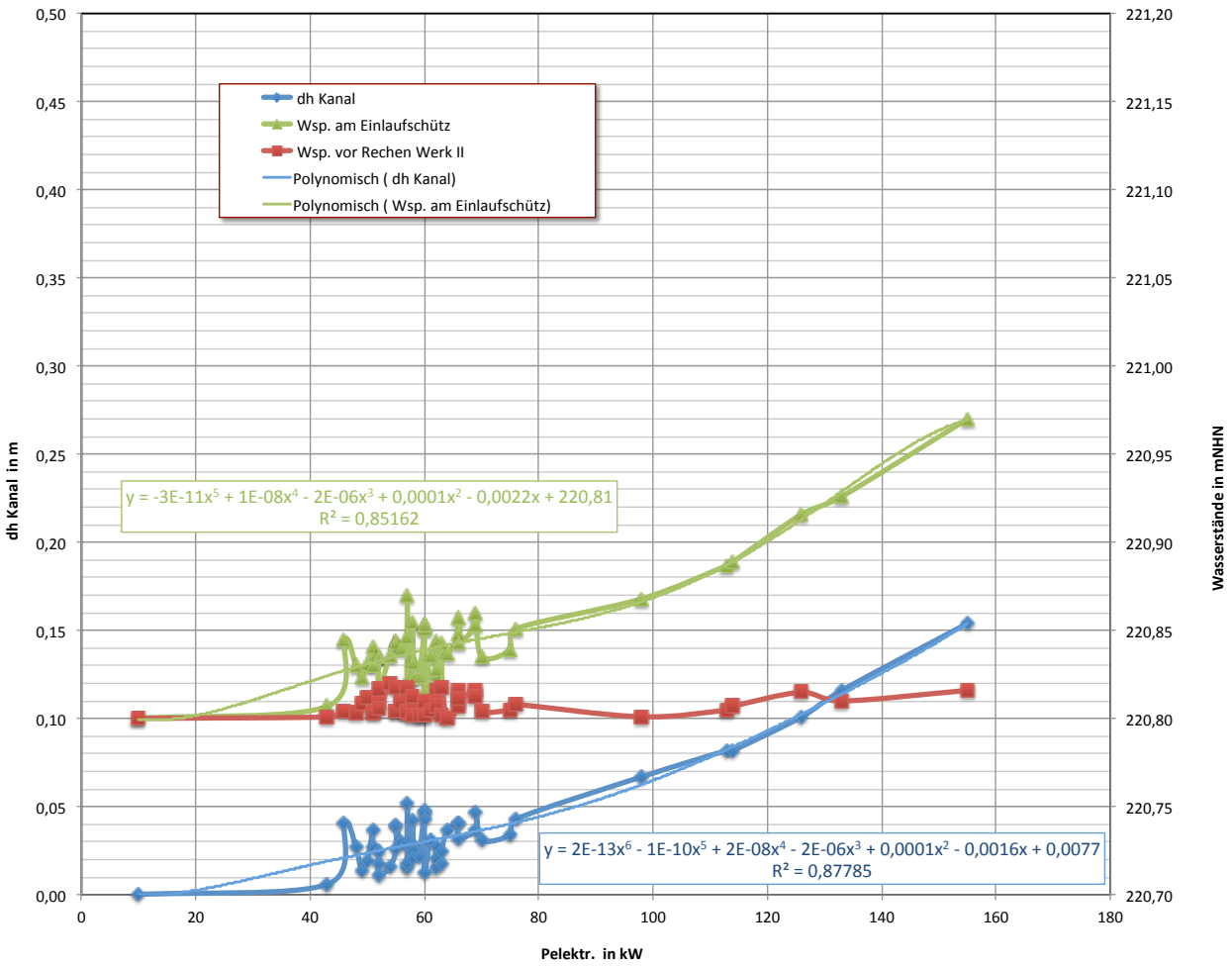
Zwischen ca. 73,37 und 75,29 % Schützöffnung könnte keine Beeinflussung der Wasserstände mehr festgestellt werden.

4.4 2. DATENBEREINIGUNG

Die 2. Datenbereinigung führte nun zu brauchbaren Kurven.

Um den 12. bis 15.01.2017 herum, wurde jedoch zur Sicherheit das Einlaufschütz etwas geschlossen. Diese für die Feststellung des Stauziels beim Übergang vom Teil- zum Volllastbetriebes interessanten Daten konnten daher nicht genutzt werden, denn diese zeigten zu hohe Stauwasserstände am Einlaufschütz. Am 20.01.2017 musste die Anlage wegen Eisgang vollständig stillgesetzt werden. Am 31.01.2017 wurde auf Anordnung des LRA Ortenaukreis das Schnapperwehr wegen drohendem Eisgang geöffnet.

Graphik 3: Nach 2. Datenbereinigung: Wsp. vor dem Rechen Werk II, Wsp. am Einlaufschütz und Fließhöhenverluste (dh Kanal) in Abhängigkeit der Turbinenleistung.



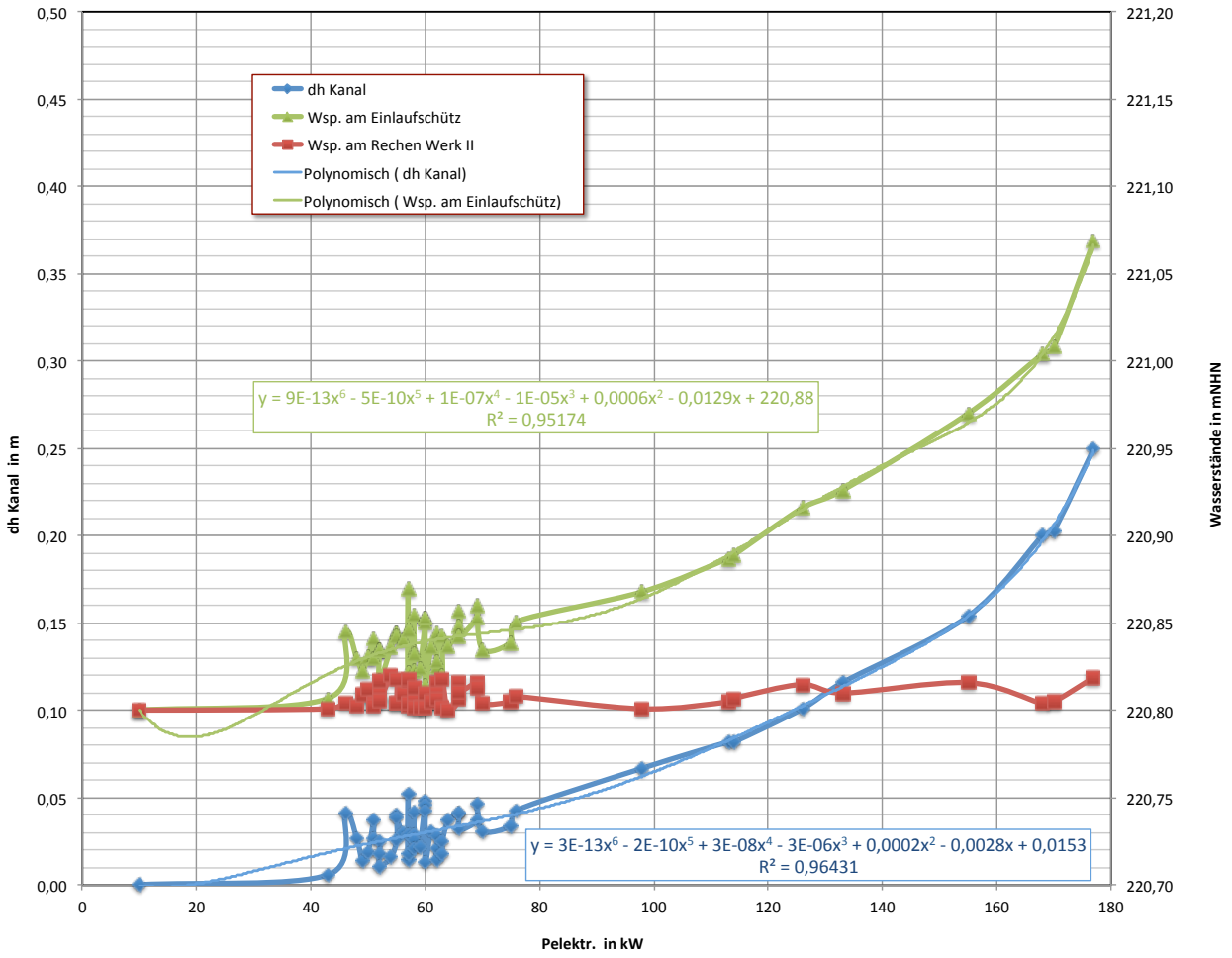
4.5 ZUSÄTZLICHE DATENERHEBUNG

Das Werk II kann maximal $P_{elektr.} \approx 180$ KW abgeben. Die maximalen, nutzbaren Leistungsaufzeichnungen reichen jedoch nur bis $P_{elektr.} \approx 155$ kW. Der zwar kurze Restbereich bis zur Volllast ist jedoch insbesondere aufgrund des Wirkungsgradabfalls der Turbine mit einer überproportionalen Steigerung des Turbinendurchflusses behaftet! Diese führen wiederum zu einem überproportionalen Anstieg der Kanalverluste und somit zu einem überproportionalen Anstieg des Stauwasserstandes am Schnapperwehr.

Für die Feststellung des maximalen Stauziels darf die Schütztafel nicht eingetaucht sein.

Aufgrund der zu großen Abflüsse in der Kinzig konnte trotz geöffnetem Schnapperwehr bis zum 07.02.2017 der maximal erforderliche Stauwasserstand bei nicht eintauchender Einlaufschütz nicht festgestellt werden. Am 08.02.2017 konnten Daten für den oberen Teillastbereich $P_{elektr.} >$ 160 KW nacherhoben werden. Somit konnte die Datenerhebung abgeschlossen werden.

Graphik 4: Vollständige Datenerhebung: Wsp. vor dem Rechen Werk II, Wsp. am Einlaufschütz und Fließhöhenverluste (dh Kanal) in Abhängigkeit der Turbinenleistung.



5 STAUZIELFESTSTELLUNG

5.1 WERK II

Das Stauziel am Werk II entspricht nahezu der OK Streichwehrkrone.

OK Streichwehrkrone:	220,84 mNHN
Wasserstände am Rechen Werk II gemessen:	**220,80 bis 220,82 mNHN**

Die durch das OK Streichwehr vorgegebene und nutzbare Höhe wurde bisher nicht ausgenutzt! Bei einem weiteren Absinken dieses Wasserstands wird die permanent eingestaute Abschwemmrinne funktionslos.

5.2 GEWERBEKANAL

Unter Sicherstellung, dass auch im Übergangsbereich von Teil- auf Volllastbetrieb die Einlaufschütztafel nicht eintaucht, hat sich im Übergangsbereich folgender Wert herausgestellt:

Max. hydraulischer Fließhöhenverlust im Kanal, ohne Einlaufschütz	**0,25 m**

5.3 VERLUSTHÖHE ZWISCHEN EINLAUFSCHÜTZ UND STAUHALTUNG

Wie geschrieben und auch gemessen, müssen die Stauwasserstände am Schnapperwehr physikalisch begründet einige cm höher liegen als am Einlaufschütz gemessen. Im Übergangsbereich von Teil- auf Volllastbetrieb sehen wir folgenden Wert vor:

Max. hydraulischer Fließhöhenverlust zwischen Einlaufschütz und Stau	**0,05 m**

5.4 ZUKÜNFTIGE ZUSÄTZLICHE VERLUSTHÖHE AN EINEM NEUEN FISCHSCHUTZRECHEN

Der neue Fischschutzrechen soll oberstrom des Einlaufschützes positioniert werden. Bei maximaler Beaufschlagung muss erfahrungsgemäß bei beginnendem Volllastbetrieb von mindestens (!) 5 cm Verlusthöhe am Rechenbauwerk ausgegangen werden.

Hydraulischer Fließhöhenverlust am neuen Fischschutzrechen	**0,05 m**

Hierbei muss deutlich darauf hingewiesen werden, dass diese Verlusthöhe an einem neuen Rechen nur durch eine großzügige und hydraulische günstige Auslegung der Konstruktion zu erreichen ist!

5.5 STAUWASSERSTÄNDE IM BESTAND (STAUZIELFESTSTELLUNG)

Aus der Datenerhebung geht eindeutig hervor, dass am Schnapperwehr dynamische Stauwasserstände vorherrschen. Der Bereich um das Schnapperwehr herum ist für diese Situation baulich vorbereitet und wird bei > Q_{150} streichwehrartig überströmt.
Für das ca. Q_{20} wurde am Schnapperwehr ein Wasserstand von 220,87 mNHN gemessen, wobei am Werk II der Stauwasserstand immer einige cm unter der OK Streichwehr lag. Daher stellen wir für den W_{30} am Schnapperwehr im Bestand folgenden Stauwasserstand fest:

Minimaler Stauwasserstand im Bereich um Q_{30}:

$$\mathbf{W_{30\ Schnapper} = 220{,}90\ mNHN}$$

Der Übergang vom Teillast- zum Volllastbetrieb findet bei ca. Q_{150} satt. Den zugehörigen Stauwasserstand am Schnapperwehr stellen wir wie folgt fest:

$$\mathbf{W_{150\ Schnapper} = 220{,}80\ mNHN + 0{,}25\ m + 0{,}05\ m = 221{,}10\ mNHN}$$

Diese Stausituation zeigt sich durch den Überströmungsbeginn der Landzunge zwischen dem Stau und dem Gewerbekanal.

6 ZUKÜNFTIGE STAUWASSERSTÄNDE AM SCHNAPPERWEHR

Durch die Mindestwasserabgabe sind allen 5 Wasserkraftanlagen im Gewerbekanal bereits beträchtliche Ertragsverluste entstanden. Weitere Ertragseinbußen müssen vermieden werden. Daher werden nachfolgend 3 Varianten vorgestellt, welche einen weiteren Ertragsverlust soweit als möglich vermeiden.

Ein Versetzen des für die Anlagensteuerung des Werke II erforderlichen Steuerpegels in den Bereich des Schnapperwehres ist ohne Ertragsverluste nicht möglich, denn bei Volllastbetrieb würde der Wasserstand vor dem Rechen überproportional, somit um mehr als 25 cm absinken. Auch ist nicht gesichert, dass in dieser Situation dann noch 7 m^3/s ausgeleitet werden könnten.

6.1 DYNAMISCHE STAUWASSERSTÄNDE

Bei Niedrigwasserabfluss in der Kinzig und somit geringer Rechendurchströmung ist zunächst von geringen Rechenverlusten auszugehen. Allerdings erfolgt die Rechenreinigung auch während dieser Situationen meist anhand einer gemessenen Niveaudifferenz vor und nach dem Fischschutzrechen. Ein geringer Rechenverlust liegt nur unmittelbar nach der Reinigung des Rechens vor. Als Startsignal für die Rechenreinigung ist eine immer eindeutig messbare Niveaudifferenz am Rechen von ca. 5 cm erforderlich. Daher muss ein zusätzlicher Verlust von im Mittel ca. 3 bis 5 cm auch bei dieser Situation Beachtung finden. Um Ertragsverluste zu vermeiden, wären daher zusätzlich 5 cm Verlusthöhe anzusetzen:

Minimaler Stauwasserstand im Bereich um Q_{30}:

$$\mathbf{W_{30\ Schnapper\ NEU,\ dynamisch} = 220{,}95\ mNHN}$$

Ein weiterer Höherstau am Schnapperwehr könnte durch das Werk II auch unter Ausnutzung der OK Streichwehr nicht genutzt werden!

Für den Übergang vom Teillast- zum Volllastbetrieb wären ebenfalls die zusätzlichen Rechenverluste von mindestens (!) 5 cm anzusetzen. Um einen Ertragsverlust zu vermeiden, müsste bei ca. Q_{150} der Stauwasserstand mindestens wie folgt betragen:

$$\mathbf{W_{150\ Schnapper\ NEU,\ dynamisch} = 220{,}80\ mNHN + 0{,}25\ m + 0{,}05\ m + 0{,}05\ m = 221{,}15\ mNHN}$$

Diese Stausituation wird jedoch zu einer Überströmung der Landzunge zwischen dem Stau und dem Gewerbekanal führen! Um dies zu verhindern, müsste der Sollwasserstand vor dem Werk II um mindestens 5 cm abgesenkt werden, was jedoch einen Ertragsausfall hervorrufen würde. Auch stellen die angesetzten 5 cm zusätzlicher Rechenverlust bei Volllast eine optimistische Angabe dar, welche in der Realität oft nicht einzuhalten ist.

Der bei Q_{150} zur Vermeidung von Ertragsverlusten erforderliche Stauwasserstand in Höhe von 221,15 mNHN erfordert bauliche Anpassungsmaßnahmen am Stau. Ohne Anpassungsmaßnahmen werden bei den nachfolgend vorgestellten Varianten A und B zusätzliche Ertragsverluste entstehen!

6.1.1 VARIANTE A: DYNAMISCHE STAUWASSERSTÄNDE UND **DYNAMISCHE MINDESTWASSERABGABE**

Dynamische Stauwasserstände führen physikalisch bedingt auch zu dynamischen Restwassermengen. Sollte die bisher angesetzte $Q_{Min.} \approx 1{,}7\ m^3/s$ bereits $W_{30\ Schnapper\ NEU,\ dynamisch} = 220{,}95$ mNHN gelten, dann würden bei erhöhten Stauwasserständen auch größere Mindestwassermengen abgegeben werden. Für die 5 Wasserkraftanlagen im Gewerbekanal würde dies zusätzlich deutliche Ertragseinbußen bedeuten!

Denkbar wäre daher, die Mindestwassermenge im Teillastbetrieb als gemittelten Abfluss von $1{,}7\ m^3/s$ festzulegen. Dies könnte beispielsweise zu einem Abfluss im Teillastbetrieb von $Q_{Min.} \approx 1{,}4$ bis $2{,}0\ m^3/s$ führen. Dies würde der heutigen Situation nahe kommen.

6.1.2 VARIANTE B: DYNAMISCHE STAUWASSERSTÄNDE UND **STATISCHE MINDESTWASSERABGABE**

Der Fischaufstieg wird bei einem dynamischen Stauwasserstand auch einen dynamischen Abflussanteil aufweisen. Er wäre jedoch aufgrund der insgesamt großen Mindestwasserabgabe denkbar, den Abfluss über den Fischabstieg so dynamisch zu gestalten, sodass in Summe permanent $Q_{Min.} \approx 1{,}7\ m^3/s$ abgegeben werden.

Bei Niedrigwasser würde dann über den Fischabstieg ein größerer Abfluss abgegeben, als bei Volllastbetrieb. Über den Fischaufstieg würde andersherum eine geringere Abfluss abgegeben. Eine einfaches Beispiel hierzu:

Q_{30}:	$Q_{Fischaufstieg}$	z. B. $0{,}7\ m^3/s$
	$Q_{Fischabstieg}$	z. B. $0{,}7\ m^3/s$
	Q_{Wehr}	z. B. $0{,}3\ m^3/s$
	$Q_{Ausleitstrecke}$	$\approx 1{,}7\ m^3/s$
Q_{150}:	$Q_{Fischaufstieg}$	z. B. $1{,}0\ m^3/s$
	$Q_{Fischabstieg}$	z. B. $0{,}4\ m^3/s$
	Q_{Wehr}	z. B. $0{,}3\ m^3/s$
	$Q_{Ausleitstrecke}$	$\approx 1{,}7\ m^3/s$

6.2 VARIANTE C: STATISCHER STAUWASSERSTAND

Denkbar wäre auch der Umbau des Einlaufschützes in ein vollautomatisches Regel- bzw. Spannschütz. Dieses würde dann den Stauwasserstand am Schnapperwehr im Teillastbetrieb auf permanent 221,10 mNHN halten. Dadurch würde jedoch an Ø ≈ 150 Tagen/a ein um bis zu 0,25 m erhöhter Stauwasserstand anstehen.

Bei dieser Variante fehlen dem Werk II bei Volllastbetrieb mindestens 5 cm Stauhöhe, es entstehen dadurch zusätzliche Ertragsverluste. Diese könnten durch bauliche Maßnahmen im Staubereich vermieden werden.

Das heute händisch betriebene Einlaufschütz ist für diesen Dauerbetrieb ungeeignet. Ob der Schützrahmen hierzu geeignet wäre, müsste geprüft werden.

Den Umbau in ein vollautomatisches Spannschütz inkl. der zugehörigen Steuereinheit und Energieversorgung schätzen wir auf netto ca. 50 bis 80 T€.