

WKA Kirschhofen / Lahn

Erläuterungen zur hydraulischen Berechnung der Abflusskurve (Q-h-Linie) am oberen Wehr in Kirschhofen / Lahn

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Die Wasserkraftanlage Kirschhofen an der Lahn ist ein Ausleitungskraftwerk, an dem der Durchfluss des Kraftwerks und der Schleuse über eine Strecke von ca. 350 m aus der Lahn ausgeleitet und durch den Kraftwerks- und Schleusenkanal abgeleitet wird. Die Restabflussstrecke der Lahn soll in Zukunft mit definierten Zuflüssen dotiert werden, um dort die geltenden Kriterien für den gewässerökologischen Zustand zu erfüllen. In den Abstimmungen mit der Wasserbehörde im Zusammenhang mit einem bereits vorliegenden Einzelfallgutachten zur Dotation der Ausleitungsstrecke mit einem Restabfluss hat sich bereits ein Restabfluss von 2,00 m³/s als sinnvoller und akzeptabler Wert ergeben. Um hier eine klare und tragfähige Möglichkeit zu haben, diesen Durchfluss einzustellen und zu kontrollieren, war die nachstehend beschriebene Untersuchung des Überlaufverhaltens des Wehres erforderlich.

2 Vorbemerkung Höhensystem

Die Höhenangaben im vorliegenden Dokument sind alle auf das derzeit gültige NHN-System bezogen. Dieses liegt um 5 mm unter dem früheren NN-System

Höhenbolzen am Schleusenwärterhaus:

130,458 mNHN entspricht früher 130,463 m+NN

Für die Höhen im Bereich des oberen Wehres wurde in den seitlichen Steinsatz des rechten Ufers kurz oberstrom des Wehres ein neuer Messingbolzen gesetzt. Dessen Höhe wurde mit 127,907 mNHN aufgemessen. Alle Höhenangaben für das Wehr sind auf die durch diesen Bolzen definierten Höhen bezogen.

3 Hydraulische Grundlagen

3.1 Lage der Abflusskontrolle

Zunächst ist festzustellen, dass der Zufluss zur Restabflussstrecke durch eine sogenannte hydraulische Abflusskontrolle kontrolliert werden muss, die am oder auf dem oberen Wehr liegt. Diese Abflusskontrolle ist zwingend mit dem Auftreten der sogenannten Grenztiefe auf dem Wehr verbunden. Die Abflusskontrolle definiert eine fixe und eindeutige Beziehung

zwischen Oberwasserstand und Abfluss, das durch die sogenannte Abflusskurve (Q-h-Linie) beschrieben wird.

Diese feste Oberwasserstands-Abfluss-Beziehung kann nur durch Veränderungen auf der Wehrkrone oder aber durch Rückstau beeinflusst werden, der aber nur bei Extremhochwasser eintreten kann. Für die hier zu betrachtenden Betriebszustände kann jedoch ein Kontrollverlust von unten her ausgeschlossen werden.

Spürbare den Abfluss reduzierende Auswirkungen können alle Störkörper haben, die auf der Wehrkrone liegen. Dies könnten große Treibholzstücke sein, an denen sich Verkläuerungen bilden oder aber Bewuchs, der als geringer durchlässig anzusehen ist. Ein derartiger Bewuchs der Wehrkrone war im Sommer 2020 bereits zu sehen (Bild 2). Der Einsatz von Mörtel oder Beton auf der Wehrkrone hätte ebenfalls einen reduzierenden Einfluss, wenn er über eine Füllung von Lücken hinausgeht.

Ein den Abfluss erhöhender Einfluss ist denkbar, wenn sich die Wehrkrone setzt oder aus der Befestigung Steine herausgelöst werden.

Das untere Wehr übt auch eine hydraulische Kontrolle aus, jedoch in der Art, dass für den von oben kommenden Durchfluss nach den hydraulischen Grundregeln sich der nötige Oberwasserstand einstellt.

3.2 Diskussion der denkbaren hydraulischen Phänomene zur Abflusskontrolle

Zielsetzung ist die Bereitstellung eines bestimmten und dann praktisch konstanten Abflusses in die Restabflussstrecke, und zwar möglichst unabhängig von den unvermeidlichen Schwankungen des Oberwasserstandes. Diese können auftreten durch natürliche Zuflussschwankungen aus Seitenbächen, veränderlichen Durchsatz durch die Turbine, schwankenden Abfluss von oberstrom liegenden Anlagen, Sunk durch Schleusenfüllungen, Windstau etc.

Für die Kontrolle kommen zwei grundlegende hydraulische Phänomene infrage, nämlich ein Wehrüberfall oder der Durchfluss durch eine tief liegende Öffnung. Eine tief liegende Öffnung kann aber auch durch eine Heberleitung ersetzt werden, die zwar über dem Wehr verläuft, aber ihren Auslauf am Fuß des Wehres hat. Für diese beiden Lösungen sind im Bild 1 die Abflusskurven mit ihren prinzipiellen Verläufen eingetragen. Im Wasserstands-Abfluss-Diagramm (Bild 1 rechts) entspricht die Zielsetzung eines konstanten Abflusses über das Wehr der rechts im Q-h-Diagramm eingetragenen rot gestrichelten senkrechten Linie. Diese Kurve stellt somit das Ideal dar, dem man möglichst nahe kommen sollte.

Diesem Optimum käme die Abflusskurve der Heberleitung recht nahe (grüne Kurve). Die prinzipielle Abflusskurve der Wehrüberströmung hingegen zeigt einen grundsätzlich anderen Verlauf (blaue Kurve), der von der Zielsetzung erheblich abweicht. Deshalb ist zunächst aufgrund der grundsätzlichen Q-h-Beziehungen festzustellen, dass die Zielsetzung der konstanten Dotierung der Restabflussstrecke prinzipiell am besten mit einer tief liegenden Öffnung im Wehr (z.B. unter einem Schütz) oder aber mit einer Heberleitung mit tief liegendem Auslauf erfüllt werden könnte.

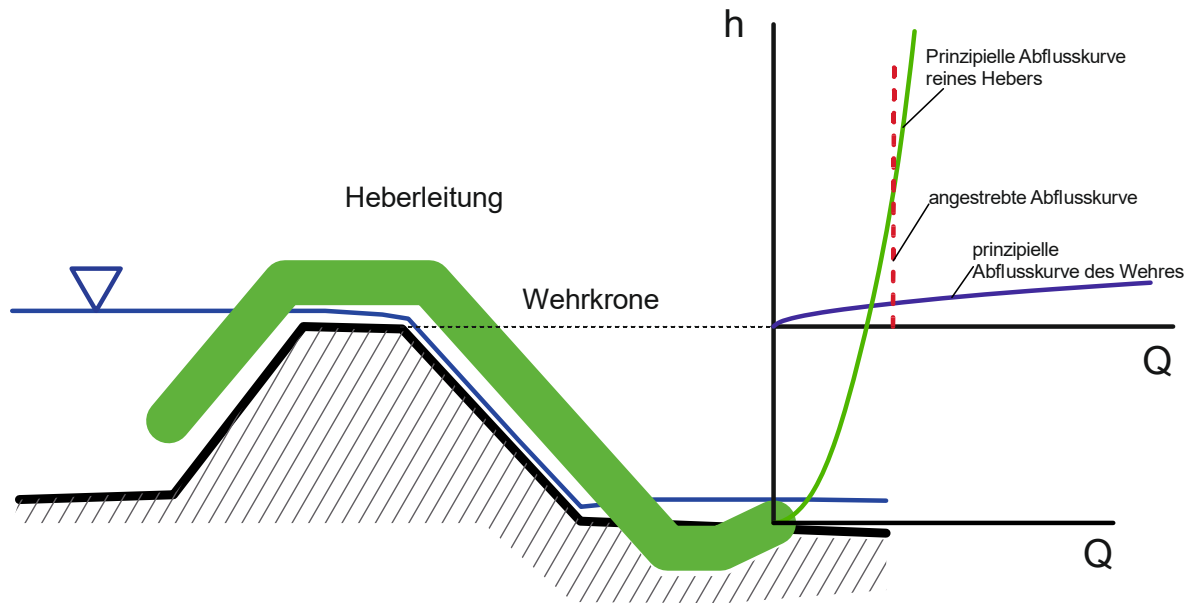


Bild 1: Prinzipielle Abflusskurven denkbarer Zuflusskontrollen zur Restabflussstrecke

Die Wehrüberströmung als Abflusskontrollphänomen hat mit der flach liegenden blauen Kurve den gravierenden Nachteil, dass schon bei kleinen Änderungen des Oberwasserstandes im cm-Bereich erhebliche Änderungen des Abflusses auftreten. Somit können die oben genannten Einflüsse auf den Oberwasserstand des Wehres sich unmittelbar und stark auf den Durchfluss über das Wehr und durch die Restabflussstrecke auswirken.

3.3 Wertung der Lösungsmöglichkeiten

Die vorstehend als hydraulisch optimal erkannten Konzepte Schützunterströmung bzw. Heberdurchströmung haben jedoch gravierende bauliche, betriebliche und wirtschaftliche Nachteile:

- Eingriff in den alten Bestand des Wehres
- Problematische Verfügbarkeit der Flächen
- Verklausungsgefahr sowohl der Öffnung als auch des ganzen Bauwerks
- Hohe Kosten
- Neuer Betriebspunkt
- Zerstörungsrisiko bei Hochwasser

In der Gesamtschau dieser Nachteile ist festzustellen, dass hydraulisch vorteilhafte Lösungen praktisch nicht machbar sind. Man muss für die Kontrolle des Zuflusses zur Restabflussstrecke auf das Phänomen der Überfallströmung zurückgreifen und mit allen vertretbaren Mitteln versuchen, die Konstanz des Abflusses in der Rest-Lahn durch eine gute Kontrolle des Oberwasserstandes zu erreichen. Dazu gehört auch eine verbesserte messtechnische Erfassung des Wasserstandes.

3.4 Technische Möglichkeiten

Für die Regelung des Oberwasserstandes steht nur der Turbinenregler zur Verfügung, der in seinem Betriebssystem eine Regelung mit dem Zielwert Oberwasserstand vorsieht. Dieser Regler kann natürlich nicht beliebig oft und mit hoher Frequenz in den Betrieb eingreifen, denn dadurch würde ein hoher Verschleiß auftreten. Es bestünde auch die Gefahr von Schwingungen und großer Unruhe im Prozess.

Durch den Schleusenbetrieb am Standort als auch an der oberliegenden Anlage werden im Sommer insbesondere bei der Füllung bei kleinen Abflüssen in der Lahn relativ kurzweilige Schwankungen verursacht, die durch den Turbinenregler unmöglich ausgeglichen werden können. Turbinenregler sind für diese Aufgabe nicht ausgelegt; sie würden nicht stabil laufen und die Verstellorgane würden einem hohen Verschleiß unterliegen. Trotzdem müssen im Bereich der Oberwasserstandsmessung alle Möglichkeiten genutzt werden, um die Messunsicherheit in den Bereich weniger Millimeter zu bringen. Nur dann kann der Turbinenregler mit entsprechender Dämpfung im zeitlichen Mittel den gewünschten Oberwasserstand bestmöglich einstellen und halten.

Die bisherige strom- und schiffahrtspolizeiliche Genehmigung des WSA Koblenz Nr. 2129/89 vom 01.08.1989 sah ein am oberen Schleusentor, also dicht oberhalb der WKA, einzuhaltendes Stauziel von 126,77 m NN vor (siehe Auflage/Bedingung Nr. 13 der genannten WSA-Genehmigung), wobei ein Toleranzbetrag von -10 cm (Wasserstand) eingeräumt wurde. Mit der jetzt favorisierten Messung/Regelung auf den unmittelbaren Oberwasserspiegel des oberen Wehres zur dortigen Einhaltung der im Mutterbett weiterzuleitenden Mindestabgabe von 2,0 m³/s wird von der damaligen Regelvorgabe Abstand genommen. Eine Turbinenregelung mit Höhendaten, die direkt vor der WKA gemessen werden, wäre schwieriger und ungenauer, weil der durchflussabhängige Verlust für die Fließstrecke zwischen Aufzweigung und WKA abzuschätzen wäre und die Wasserstände vor der WKA bei Schleusungsvorgängen deutlich stärker schwanken als die Wasserstände jenseits der Inselfspitze. Dort dämpft die große Wasserfläche Schwankungen ab..

4 Geometrie des Wehres und Höhensystem

Das Wehr wurde in den bekannten Betrachtungen stets als horizontales Wehr angesehen, für das bisher über die gesamte Breite konstant eine Kronenhöhe von 126,74 m+NN (= 126,735 mNHN) hat. Im Sommer war jedoch sehr gut zu erkennen, dass die Wehrkrone nicht horizontal ist. Sie weist Tiefpunkte auf, an denen sich kleine Abflüsse konzentrieren (Bild 2).

Deshalb wurde vom Ingenieurbüro für Hydraulik und Hydrometrie mit Unterstützung durch BfS Marburg am 28.10.2020 eine Vermessung der Wehrkrone durchgeführt. Das Nivellement wurde am Höhenbolzen begonnen, der am Wärterhaus der Schleuse angebracht ist und mit einer Höhe von 130,458 mNHN angegeben ist (siehe auch Abschnitt 2).

Das Ergebnis ist in Anhang 1 grafisch dargestellt. Es zeigt sich auf dem Weg vom orografisch rechten Ufer Richtung linkes Ufer nach etwa 1/3 der Breite ein Hochpunkt, der im Bild 2 bewachsen ist, und nach 2/3 ein Tiefpunkt, an dem sich im Bild das Wasser konzentriert. Diese Unebenheit ist hydraulisch gesehen kein Nachteil, sondern eher ein Vorteil, denn sie macht die Abflusskurve steiler, so dass sie der Zielsetzung näher kommt.



Bild 2: Überströmung des Lahnwehres bei kleinen Abflüssen

Die Wehrkrone ist mit groben Steinen besetzt, die oben rundlich sind und naturgemäß keine exakte und festgelegte Oberfläche haben. Beim Nivellement wurden die aufgemessenen Punkte deshalb so ausgewählt, dass die im Längsschnitt höchsten Stellen der Wehrkrone, an denen die Abflusskontrolle sich einstellt, aufgenommen wurden. In Querrichtung entlang der Krone wurden sowohl höhere als auch tiefere Messpunkte aufgenommen, um über die gesamte Krone gesehen etwa den mittleren Verlauf zu erfassen.

Die Querkoordinaten wurden mittels der Abstandsmessung, die auch einfache Nivelliergeräte bieten, erfasst. Ergebnis dieser geometrischen Aufnahme ist, dass der tiefste Punkt der Wehrkrone mit 126,709 m+NN um 31 mm tiefer liegt als die bisher als eben angenommene Wehrkrone (126,74 m+NN), dass aber große Anteile der Krone auch über dieser Höhe liegen, so dass die Abflusskurve tiefer unten beginnt, aber bei größerer Zuströmhöhe nicht die gleiche Zunahme des Abflusses aufweist wie ein ebenes Wehr (Anhänge 2 und 3).

Zur genauen Erfassung der Wasserstände direkt oberstrom des Wehres wurde dort ein Stahlpfosten (Kreuzerder mit gebohrter Lasche) eingerammt, an dem eine Stechpegelkonsole befestigt wurde. Diese wurde in das Höhensystem einbezogen. Mit diesem Stechpegel konnte die Lage des Oberwasserspiegels sehr genau festgestellt werden, wobei bei den Pegelablesungen schon erkennbar war, dass der Wasserspiegel um Zentimeter schwankt. Als Nullniveau ergab sich durch das Einrammen und vorgebohrte Löcher im Pfosten ein Nullniveau (Höhe der Spitze bei Ablesung 0) von 126,746 mNHN. Dieses Nullniveau liegt über dem Tiefstpunkt des Wehres, aber tief genug zur Erfassung der Oberwasserstände bei sehr kleinen Abflüssen.

5 Berechnung der Abflusskurve

5.1 Bisherige Vorgaben

Von der Firma Elikraft AG wurden 3 Wertepaare einer Abflussfunktion zur Verfügung gestellt, die bisher zur Beurteilung des Überfallabflusses verwendet wurden. Ein Punkt mit Abfluss 0 in Höhe der Wehrkrone wurde ergänzt. Diese Punkte stammen aus der ursprünglichen Anlagenplanung des Ing.-Büros Björnson, Koblenz.

Punkte Vorgabe AG	
Höhe	Abfluss
mNHN	m ³ /s
126,735	0
126,765	1,000
126,845	4,190
126,889	6,90

Mit diesen Wertepaaren lässt sich mittels Kurvenanpassung eine Funktion erstellen, die die gesamte Abflusskurve beschreibt und sehr gut durch alle Punkte geht. Diese Funktion lautet:

$$Q \text{ [m}^3\text{/s]} = 137,0736 \cdot h \text{ [m]}^{1,57664}$$

Darin ist h die Überfallhöhe (Höhe des OW-Spiegels über der bisherigen Wehrkrone von 126,735 mNHN).

Diese Kurve ist in Anhang 2 mit enthalten und in Bild 3 mit eingetragen.

5.2 Neuberechnung

Als Grundlage für die hydraulische Berechnung steht nun gemäß Anhang 1 ein Polygonzug für den Verlauf der Wehrkrone zur Verfügung. Zwischen 2 Punkten der Wehrkrone kann ein linearer Verlauf angenommen werden. Jeweils 2 Punkte des Polygonzugs fassen eine Stromröhre ein, die als Teil aus der Flanke eines Dreieckwehres anzusehen ist. Wenn die Punkte zufällig gleich hoch liegen, kann das Stück als Rechteckwehr berechnet werden.

Die Berechnung erfolgt auf der Basis der bekannten Poleni-Formel

$$Q = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{1,5} \quad \text{für Rechteck und}$$

$$Q = \frac{8}{15} \cdot \mu \cdot \sqrt{2g} \cdot \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) \cdot h^{2,5} \quad \text{für das Dreieck}$$

Darin sind: Q = Abfluss in m³/s; μ = Überfallbeiwert; g = Erdbeschleunigung (9,81 m/s²); α = halber Öffnungswinkel des Dreiecks.

Bei der Berechnung ist zu beachten, dass bei kleinen Höhendifferenzen der Punkte mit einer mittleren Überfallhöhe zu rechnen ist, weil der Tangens des halben Öffnungswinkels sehr groß wird und sich rechnerische Unsicherheiten ergeben (kleine Differenz großer Zahlen).

Bei den hier maßgeblichen Abflusszuständen kann das Wehr im Längsschnitt als breitkroniges Wehr angesehen werden. Dieses ist dadurch gekennzeichnet, dass die Druckverteilung annähernd hydrostatisch ist und die Stromlinien annähernd parallel liegen. Für diesen Idealfall können die Abflussbeiwerte μ theoretisch zu

$$\mu = \frac{1}{3}\sqrt{3} = 0,577$$

berechnet werden.

Die Energiehöhe der Zuströmung kann für die hier durchgeführte Betrachtung als im Wasserspiegel liegend angenommen werden, denn bei Durchflüssen unter 10 m³/s ist die Zuströmung zum Wehr so langsam, dass die Geschwindigkeitshöhen, die zusätzlich zum Wasserstand die Energiehöhe leicht erhöhen, im Bereich von wenigen mm liegen würden.

Die Berechnungen werden deshalb mittels einer speziell erstellten VBA-Funktion durchgeführt. Diese läuft für eine gegebene Überfallhöhe h und einen Abflussbeiwert μ quer über das Wehr, berechnet für alle Stromröhren die jeweiligen Teildurchflüsse und addiert diese zu einem Gesamtabfluss. Das Ergebnis ist in Anhang 2 tabellarisch und Anhang 3 grafisch dargestellt.

Der Vergleich der auf der Basis der Wehraufnahme neu berechneten Abflusskurve mit der Kurve, die die bisherigen Wertepaare verbindet, zeigt, dass für gleiche Höhen die Abflüsse etwas größer sind. Das heißt, dass zur Sicherstellung eines bestimmten Abflusses etwas niedrigere Oberwasserstände gefahren werden müssen, als man bisher gedacht hat. Allerdings beträgt der höhenmäßige Unterschied bei 2000 l/s nur wenige mm. (126,789 <-> 126,794).

Infolge des Tiefpunktes der Wehrkrone beginnt die neue Kurve tiefer, nämlich bei 126,700 mNHN. Wegen der begrenzten Breite des tiefen Bereiches bleiben die Abflüsse für Wasserstände unter dem bisherigen Wert für die Kronenhöhe jedoch gering, im Bereich von gut 100 l/s.

6 Wasserstandserfassung und Höhenbeziehung zum Kraftwerk

Im Zuge des Nivellements wurden auch die aktuelle Wasserstandsmessung am Kraftwerk und auch der Pegel an der Schleuse (am Oberhaupt orografisch rechts) aufgenommen und in die Auswertung einbezogen.

Für den Pegel an der Schleuse wurde festgestellt, dass dessen Nullpunkt auf 122,483 mNHN liegt.

Um die Beziehung zwischen dem Höhensystem des Wasserkraftwerks (Messung über Drucksonde in Turbinen-Steuerung) und dem nivellierten System zu überprüfen, wurde im Sommer und Herbst mehrfach eine gleichzeitige Ablesung der Stechpegelmessung im OW des Wehres (siehe Kap. 4) und der Systemanzeige an der Turbinensteuerung (SPS) vorgenommen. Naturgemäß traten dabei unterschiedliche Differenzen auf. Wegen der Anpassung der Drucksondenmessung im Zuge der Umstellung der Turbinenreglung (mit Anzeige in mm) wird für diesen Vergleich der Zustand am 25.11.2021 herangezogen. Dabei wurden folgende Werte erhoben:

Messung mit Stechpegel: 126,767 mNHN

Anzeige PLS: 126,801 m+Bezugsniveau

Damit ergibt sich ein Offset von 34 mm, um die das WKA-System höhere Werte liefert als real vorhanden sind.

Für eine präzise Funktion muss das Höhensystem des Wasserkraftwerks angepasst werden. Dass der Turbinenregler mit diesen Messwerten gut arbeiten kann, hat sich während des Messprogramms in der Ausleitungsstrecke bereits gezeigt.

7 Höhenkontrolle mithilfe des neuen Messingbolzens

Um in der Nähe des Oberwasser oberstrom den Lahnwehres einen leicht erreichbaren Referenzpunkt zu haben, wurde im Nov. 2021 ein Messingbolzen in den rechtsufrigen Steinsatz gesetzt. Dieser Bolzen ist auch bei etwas höheren Wehrüberströmungen leicht zu erreichen. Mittels eines Nivelliergerätes können mit geringem Aufwand der aktuelle Oberwasserstand und damit die aktuelle Überfallhöhe festgestellt werden. Dabei sind folgende Werte zu berücksichtigen:

Höhe des Bolzens: 127,907 mNHN

Tiefstpunkt Wehr: 126,700 mNHN

Zielhöhe Wasserspiegel für 2,0 m³/s 126,794 mNHN

Höhendifferenz Bolzen – Ziel-WSP: 1,113 m

8 Zusammenfassung

Zunächst wurde mittels grundsätzlicher hydraulischer Überlegungen festgestellt und begründet, dass das hydraulische Phänomen der Überfallströmung über ein Wehr prinzipiell für die Sicherstellung eines konstanten Zuflusses zu einer Restabflussstrecke wenig geeignet ist. Die besser geeigneten Prinzipien, die durch eine Strömung aus einer tief liegenden Öffnung heraus gekennzeichnet sind, kommen aber aus wirtschaftlichen und betrieblichen Gründen nicht in Betracht. Somit besteht am Standort Kirschhofen wie an den meisten anderen Anlagen mit festem Wehr auch das Problem, dass die Sicherstellung einer konstanten und genauen Wasserabgabe an die Restabflussstrecke mit einem prinzipiell unsicheren Verfahren erfolgen muss und deshalb mit großen Unsicherheiten behaftet ist. Deshalb muss wegen der Messunsicherheiten der Wasserstandserfassung und der unvermeidlichen Schwankungen des Oberwasserstandes, die nicht ausgeregelt werden können, mit Durchflussschwankungen in der Restabflussstrecke gerechnet werden.

Das die Abflusskontrolle ausübende obere Wehr wurde hinsichtlich Kronenverlauf aufgemessen und höhenmäßig angebunden. Für die bestehende Geometrie wurde dann die Abflusskurve berechnet, die mit den bisher zugrunde gelegten Wertepaaren h/Q verglichen werden kann.

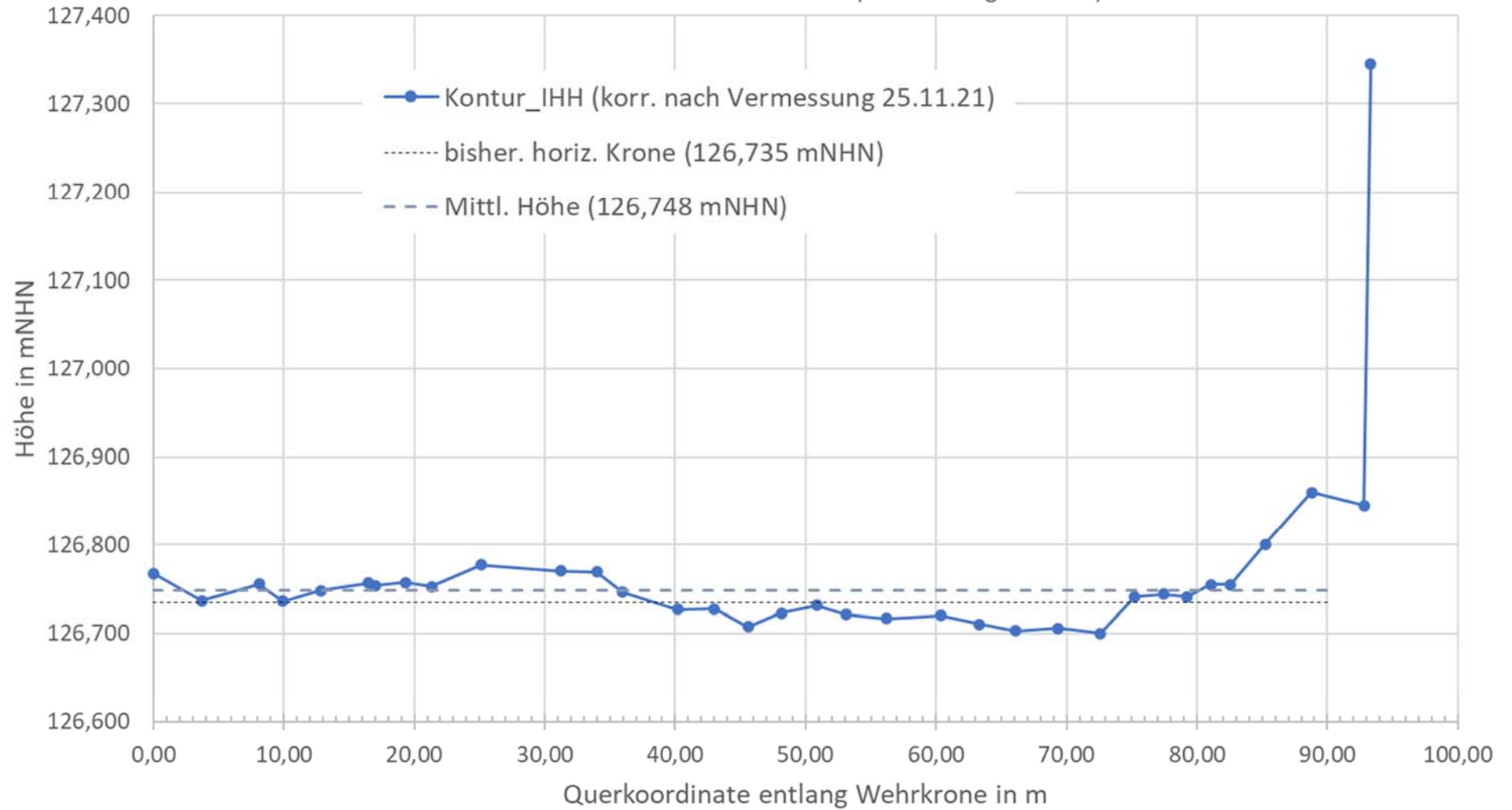
Schließlich wurde für die genaue Wasserstandskontrolle im Oberwasser als Hilfsgröße für die Abflusskontrolle in der Rest-Lahn ein Bolzen gesetzt und höhenmäßig eingemessen. Alle Daten für einen genauen Höhenbezug sind durch zwei Nivellements bestätigt worden.

Der Vergleich mit den Höhenmesswerten des Kraftwerkssystems zeigt, dass hier ein Offset vorliegt, der durch eine genaue Neujustierung auszugleichen ist. Es ist anzuraten, alle Höhenangaben auf das aktuell maßgebende NHN-System umzustellen und die alten NN-Werte nicht mehr zu verwenden

Habichtswald, den 23.09.2022

gez. Dr.-Ing. R. Hassinger

Lahnwehr Kirschhofen Kronenkontur (Blickrichtung nach OW)



Anhang 2

Wehranlage Kirschhofen

Tiefstpunkt	126,700 mNHN
Mittelwert	126,7482 mNHN

23.09.2022

Abflusskurve des oberen Wehres

Korr. auf NHN und Vermess. Mathes am 25.11.2021	μ	0,577 [-]	Vorgabe bisher
	Länge	93,90 m	Q-h-Linie aus Vorgaben
	Wehrkrone vorg.	126,735 m+NN	Formel:
			$Q [m^3/s] = 92,994 \cdot h[m]^{1,3803}$

Grundlage: Höhen aufgrund Niv. vom 28.10.2020, korr. auf NHN und Vermessung Mathes

Nr.	Ü-Höhe			Q m ³ /s	Ü-Höhe Vorgabe mm	Q _{aus} Vorgabe m ³ /s	relat. Differenz %	Punkte Vorgabe AG		
	Höhe mNHN	Ü-Höhe mm	ü. Mittel mm					Höhe mNHN	h _ü m	Abfluss m ³ /s
1	126,700	0,0	0,0	0,0000	0,000	0,000		126,735	0,000	0,000
2	126,705	5,0	5,0	0,0009	0,000	0,000	-100%	126,765	0,030	1,000
3	126,710	10,0	10,0	0,0070	0,000	0,000	-100%	126,845	0,110	4,190
4	126,715	15,0	15,0	0,0192	0,000	0,000	-100%	126,889	0,153	6,900
5	126,720	20,0	20,0	0,0386	0,000	0,000	-100%			
6	126,725	25,0	25,0	0,0695	0,000	0,000	-100%			
7	126,730	30,0	30,0	0,112	0,000	0,000	-100%			
8	126,735	35,0	35,0	0,166	0,100	0,000	-100%			
9	126,740	40,0	40,0	0,232	5,100	0,064	-72%			
10	126,745	45,0	45,0	0,310	10,100	0,164	-47%			
11	126,750	50,0	50,0	0,404	15,100	0,285	-30%			
12	126,755	55,0	55,0	0,515	20,100	0,423	-18%			
13	126,760	60,0	60,0	0,645	25,100	0,575	-11%			
14	126,765	65,0	65,0	0,793	30,100	0,739	-7%			
15	126,770	70,0	70,0	0,958	35,100	0,913	-5%			
16	126,775	75,0	75,0	1,140	40,100	1,097	-4%			
17	126,780	80,0	80,0	1,341	45,100	1,291	-4%			

18	126,785	85,0	85,0	1,559	50,100	1,492	-4%
19	126,790	90,0	90,0	1,791	55,100	1,702	-5%
20	126,795	95,0	95,0	2,036	60,100	1,918	-6%
21	126,800	100,0	100,0	2,295	65,100	2,142	-7%
22	126,805	105,0	105,0	2,565	70,100	2,372	-7%
23	126,810	110,0	110,0	2,847	75,100	2,609	-8%
24	126,815	115,0	115,0	3,140	80,100	2,852	-9%
25	126,820	120,0	120,0	3,443	85,100	3,101	-10%
26	126,825	125,0	125,0	3,758	90,100	3,355	-11%
27	126,830	130,0	130,0	4,083	95,100	3,614	-11%
28	126,835	135,0	135,0	4,417	100,100	3,879	-12%
29	126,840	140,0	140,0	4,762	105,100	4,149	-13%
30	126,845	145,0	145,0	5,116	110,100	4,424	-14%
31	126,850	150,0	150,0	5,479	115,100	4,704	-14%
32	126,855	155,0	155,0	5,854	120,100	4,988	-15%
33	126,860	160,0	160,0	6,238	125,100	5,277	-15%
34	126,865	165,0	165,0	6,634	130,100	5,570	-16%
35	126,870	170,0	170,0	7,039	135,100	5,868	-17%
36	126,875	175,0	175,0	7,454	140,100	6,170	-17%
37	126,880	180,0	180,0	7,877	145,100	6,476	-18%
38	126,885	185,0	185,0	8,310	150,100	6,786	-18%

Überfallhöhen für markante Zustände

	OW-SP mHNNH	hü mm	hü(m) mm	Q l/s	
mittl. Krone	126,7482	48,1	48,1	0,367	
A	126,7944	94,3	94,3	2,001	(2000 l/s)
B	126,8288	128,7	128,7	3,997	(4000 l/s)
C	126,8570	156,9	156,9	6,000	(6000 l/s)
D	126,8815	181,4	181,4	8,000	(8000 l/s)

