

FOLGERUNGEN

Nachfolgend seien die wichtigsten Erkenntnisse und Folgerungen zusammengefasst:

- Das Hochwasser 2013 entsprach einem außerordentlichen Ereignis, das gemäß vorliegenden Einschätzungen jenseits eines HQ₁₀₀ Ereignisses lag. Zur Zeit der Planung des KW Rott ging man von einem HQ₁₀₀ von leicht unter 1000m³/s (970 m³/s) aus, während der Maximalabfluss während des Hochwassers vom Juni 2013 augenblicklich auf 1100m³/s geschätzt wird. A priori kann deshalb nicht von einem Versagen und von einer erhöhten, zukünftigen Gefährdung gesprochen werden. Allerdings muss festgehalten werden, dass am 2. Juni 2013 die Saalach bei einer Wassermenge von ca. 700 bis 740m³/s schon über die Ufer trat, d.h. klar unterhalb des HQ₁₀₀ Abflusses.
- Beim Augushochwasser 2002 wurde beim Pegel Siezenheim ein Abfluss von 917m³/s gemessen, der schadlos abgeführt wurde. Die vom WWA-TS durchgeführten Berechnungen zeigen auf, dass mit der Sohlenlage der Saalach nach dem Hochwasser 2002 (eine sehr tiefe Sohlenlage im Beobachtungszeitraum) eine Ausuferung und Gefährdung von Freilassing beim Abfluss des Hochwassers 2013 nicht aufgetreten wäre. Damit wird aufgezeigt, dass die Lage der Sohle am 2. Juni 2013 eine maßgebende Rolle gespielt hat.
- Die nachfolgend aufgeführten Bauwerke beziehungsweise Gegebenheiten können zusammen mit dem anfallenden Geschiebe den Abfluss in der Saalach begrenzen beziehungsweise einen Einfluss auf die Wasserspiegel der Saalach haben: Das Kraftwerk Rott, die Eisenbahnbrücke der Deutschen Bahn, die Sohlrampe bei km 4,6 und die Lage der Flusssohle im Untersuchungsgebiet. Das KW Rott stellte keine Limitierung dar, da die Abfuhrleistung des Wehres so bemessen und nachgewiesen ist, dass der HQ₁₀₀₀ Abfluss selbst bei einem geschlossenen Wehrfeld abgeführt werden kann (n-1 Regel), siehe auch (Wienerroither, 2002). Die alte Eisenbahnbrücke der Deutschen Bahn hat den Abfluss ebenfalls nicht begrenzt. Der Versuchsbericht der TU Graz hält fest, dass ein HQ₁₀₀ an der Brücke schadlos und ohne Zuschlagen der Brücke abgeführt werden kann. Ab wann ein Abfluss unter Druck und damit ein oberwasserseitiger Aufstau eintreten kann, ist dem Bericht nicht zu entnehmen. Die Höhenlage des Brückenpfeiler-Kolkschutzes hat allerdings einen Einfluss auf den Geschiebetransport und definiert in einem Gleichgewichtszustand die Sohlenlage oberhalb der Brücke.

- Der Betrieb des Wehres am KW Rott erfolgte während des Hochwassers im Sinne aber wohl nicht genau entsprechend dem Wehrreglement. Kleinere Abweichungen stellen die leicht höhere Absenkgeschwindigkeit, eine Unterschreitung des Wasserspiegels am Ende der Absenkung und ein verzögerter Übergang in die Konsumtionskurve des freien Wehrüberfalls dar (siehe Abbildung 5). Bei drohendem Hochwasser kann allerdings vom Reglement des Lebensministeriums abgewichen werden, wobei im vorliegenden Fall die leichten Abweichungen sicher rechtfertigt werden könnten. Eine Argumentation der Salzburg AG zu den Abweichungen findet sich im Kapitel „Ablauf der Ereignisse“ auf Seite 9.
- Die Sohlrampe bei km 4,6 scheint den Abfluss ebenfalls nicht direkt beeinflusst zu haben. Allerdings könnte es in diesem Bereich, insbesondere auch wegen der Aufweitung an der Rampe, zu Sohlveränderungen gekommen sein, die sich negativ auf die Hochwassersicherheit ausgewirkt haben. Dies sind Vermutungen, die durch ein numerisches oder physikalisches Modell untersucht werden müssten. Die TU München wurde vom WWA-TS mit entsprechenden, numerischen Arbeiten beauftragt. Ergebnisse dieser Studie werden um Mitte 2015 vorliegen.
- Ab km 3,4 bis zur Stauwurzel existiert kein HQ₁₀₀ Schutz auf bayerischer Seite. Hier können schon Hochwasser mit einer Jährlichkeit 30 (laut Erläuterungsbericht der Salzburg AG auf bayerischer Seite ab HQ₅₀) übertreten. Im Wasserrechtsbescheid des Lebensministerium Wien wird angeführt, dass diese Sicherheit genügend sei, da im Auegebiet keine relevanten Schäden auftreten würden. Allerdings zeigt eine Geländebegehung bzw. ein digitales, dreidimensionales Geländemodell auf, dass es bei einer Überflutung in diesem Bereich zu einer Aktivierung eines Altlaufs der Saalach kommt, und das Wasser mit beträchtlichem Gefälle ins Wohngebiet strömen kann.
- Die Untersuchungen im physikalischen Modellversuch in Graz legten das Gewicht auf einen optimalen Kraftwerksbetrieb. Obschon die Zielsetzungen der physikalischen Modelluntersuchungen weitgehender definiert waren (siehe weiter oben), können keine Rückschlüsse in Bezug auf Sohlbewegungen oberhalb der Eisenbahnbrücke gezogen werden. Ebenfalls sind die Untersuchungen der TU München bezüglich der Sohlbewegungen im Hochwasserfall nur ein Indikator. Es war nicht Ziel dieser Untersuchungen, die lokale Ausbildung der Sohle an kritischen Stellen zu untersuchen. Eine eindimensionale Berechnung mit Geschiebe erlaubt nur Geschiebebilanzierungen und die Beurteilung von Tendenzen der Sohlentwicklung in Flussabschnitten, aber keine Schlüsse über sehr lokale Sohlveränderungen im Bereich von zwei- oder dreidimensional ausgerichteten Strömungen.

Ebenfalls basiert das verwendete, eindimensionale Modell auf einem quasi-instationären Ansatz (der instationäre Verlauf des Hochwassers wird durch eine zeitliche Aufreihung stationärer Abflüsse abgebildet, d.h. es werden nicht die instationären Gleichungen gelöst), welcher den zeitlichen Verlauf der Sohlenlagen während eines Einzelereignisses nicht exakt abbildet.

- Die Untersuchungen der TU München gehen von einem jährlichen Geschiebeaufkommen im relevanten Abschnitt von rund $10.000\text{m}^3/\text{a}$ aus und zeigen, dass damit eine Sohlstabilisierung erreicht werden kann. Dieses durchschnittliche Aufkommen scheint durch Messungen gestützt. Im Modellversuch der TU Graz wurden den Untersuchungen $60.000\text{m}^3/\text{a}$ Geschiebeaufkommen zugrunde gelegt. Für diese Geschiebemenge wurde ein linearer Zusammenhang von Abfluss und transportiertem Geschiebe angenommen. Im Bericht wird nicht näher darauf eingegangen, wie diese Transportfunktion in die Versuche eingeflossen ist. Es kann deshalb nicht abgeschätzt werden, ob die zugegebenen Mengen mit den während eines Extremhochwassers transportierten Volumina übereinstimmen. Ebenfalls kann die Differenz der Annahmen für den physikalischen und den numerischen Versuch nicht interpretiert werden.
- Das von der TU Graz vorgeschlagene Wehrreglement müsste im Hinblick auf die Dynamik der Geschiebebewegungen im Hochwasserfall überprüft werden. Diese Notwendigkeit stellt sich, selbst wenn der aktuelle Kolkenschutz an der Eisenbahnbrücke einen hydraulisch limitierenden Einfluss hat. Die je nach Sohlenlage unterschiedliche Abfuhrfähigkeit des Gerinnes war nicht Bestandteil der Untersuchungen in Graz und der relevante Flussabschnitt oberhalb der Eisenbahnbrücke war im physikalischen Modellversuch nur minimal im Sinne einer Beschleunigungsstrecke zur Erzielung eines Gleichgewichtabflusses abgebildet. Der Fokus der Untersuchungen der TU Graz lag vorwiegend in der Optimierung des KW-Betriebs und dem Nachweis der Hochwassersicherheit am Wehr des KW Rott und an der Eisenbahnbrücke.
- Die Untersuchungen in Graz wurden mit stationären Abflüssen, da wo relevant auch mit Geschiebezugabe, durchgeführt. Die Randbedingungen am Modelleinlauf scheinen für die Untersuchungen mit Geschiebezugabe gestört und lassen keine Schlüsse für den Bereich oberhalb der Eisenbahnbrücke zu. Die Sohlenlagen, die den Untersuchungen zugrunde lagen, scheinen nach einem Spülversuch von 2002 sehr günstig (tief liegende Sohle) gewesen zu sein. Die Dynamik des Geschiebetriebs während eines extremen Hochwasserereignisses dürfte in den Versuchen tendenziell eher unterschätzt worden sein.

- Die Modellversuche in Graz zeigten auf, dass das hydraulische Potential für Spülungen des oberen Teils des Staubereichs sehr begrenzt ist. Durch den Fließwechsel an der Eisenbahnbrücke ist der obere Bereich vom unteren hydraulisch komplett getrennt. Die Gleichgewichtssohlenlage zwischen Stauwurzel und Eisenbahnbrücke wird deshalb nur durch die Höhe des Kolkshutzes an der Eisenbahnbrücke definiert. Die Bemerkung im Bericht der TU München, wonach die Ausbildung der Sohle im Bereich der Eisenbahnbrücke als bewegliche, erodierbare bzw. als feste, nicht-erodierbare Sohle, keinen Einfluss auf die Sohlenlage oberstrom der Brücke hat, kann nicht nachvollzogen werden. Ich denke, dass es sich bei diesem Ergebnis um einen Artefakt der eindimensionalen Diskretisierung handelt.

EMPFEHLUNGEN

Dieses Gutachten zeigt auf, dass bei der Überflutung von Freilassing mehrere Aspekte unglücklich zusammengespielt haben. Das Gutachten zeigt auch auf, dass die Rolle des Geschiebetriebs auf die Hochwassersicherheit wohl unterschätzt wurde. Gleichzeitig muss festgehalten werden, dass diese Vermutung zum jetzigen Zeitpunkt nicht durch Beobachtungen (eine Vermessung der Flusssohle während eines Hochwassers ist ausgeschlossen) oder Modellierungen (physikalische oder numerische) gestützt werden kann. Ziel dieses Gutachtens war es, mögliche Defizite zu erkennen und daraus die richtigen Folgerungen zu ziehen, um künftige, ähnliche Ereignisse zu verhindern. Die nachfolgenden Empfehlungen können aus meiner Sicht helfen, dieses Ziel zu erreichen:

1. Aufgrund der topographischen Situation (ehemalige Altläufe der Saalach) ist auf bayerischer Seite ein umfassender HQ₁₀₀ Schutz bis zur Stauwurzel des Kraftwerks Rott zu fordern. Der Bescheid des Lebensministeriums Wien vom 15. Oktober 2002 geht prinzipiell von einem solchen Schutz für Siedlungsgebiete aus. Im Bereich oberhalb von km 3,4 wird der HQ₃₀ Schutz als genügend erachtet, da vermeintlich keine Einflüsse von Überflutungen auf Siedlungen zu erwarten seien. Diese Annahme ist falsch. Ebenfalls ist die Argumentation unrichtig, dass durch den Bau des KW Rott in diesem Bereich keine Verschlechterung eintritt. Für einen Reinwasserabfluss mag dies stimmen, nicht aber für den Fall, wo die Veränderung der Sohlenlage durch das Kraftwerk berücksichtigt wird. Der Bescheid erlaubt meines Erachtens eine nachträgliche Auflage nach umfassendem HQ₁₀₀ Schutz durch den Betreiber.
2. Die Saalach hat eine hohe Geschiebe-Transportkapazität, durch anthropogene Eingriffe ist der natürliche Feststofftransport allerdings entscheidend gestört. Es

besteht ein Zielkonflikt zwischen der Verhinderung des Sohlurchschlags, einer ökologisch motivierten Dynamisierung der Flusssohle und der Hochwassersicherheit von Siedlungsgebieten. Augenblicklich ist das Grundlagenwissen kaum ausreichend, um diese Gratwanderung abzusichern. Es wäre wünschenswert, Feststoffbilanzen auf Einzugsgebietsebene zu erstellen und Gefährdungsstellen zu identifizieren. An diesen Gefährdungsstellen wären komplexe Untersuchungen der Interaktion von Feststofftransport und Sohlveränderungen mit Hochwasserabflüssen durchzuführen. Der hier behandelte Abschnitt der Saalach wäre ein solcher „Problembereich“.

3. Tendenziell wurden in den Untersuchungen zum Bau des KW Rott die Sohlveränderungen innert längerer Zeiträume aber auch während eines extremen Hochwasserereignisses und deren Einfluss auf die Hochwassersicherheit bei der Entwicklung des Wehrreglementes wohl unterbewertet. Die Salzburg AG argumentiert, dass der Stand des damaligen Wissens berücksichtigt wurde. Dies mag stimmen, die Überflutungen haben aber aufgezeigt, dass nun zu agieren ist. In diesem Sinne wäre eine erneute Optimierung durch eine numerische Untersuchung erstrebenswert. Die TU München hat dem WWA-TS ein Angebot zur Modellierung der Sohlenveränderungen während des Hochwassers 2013 an der Blockrampe gemacht und einen entsprechenden Auftrag bekommen. Erkenntnisse dieser Untersuchungen bzw. eine Erweiterung des Modells auf den gesamten Staubeereich könnten zu einer Anpassung des Wehrreglements verwendet werden. Hätte das WWA-TS keine Beauftragung vorgenommen, so hätte ich der Stadt Freilassing empfohlen, eine numerische Untersuchung durchführen zu lassen.
4. Da das Geschiebetransportvolumen mit steigendem Abfluss überproportional anwächst, wäre im Sinne eines „Klimazuschlags“ auch von angepassten, höheren Frachten auszugehen. Mindestens wäre es in dieser Situation wichtig, sich Freiräume für ein effizientes Geschiebemanagement zu erhalten. In diesem Sinne ist die Tieferlegung von bestehenden bzw. neu zu bauenden Foundationen bzw. Kolk-sicherungen an den Eisenbahnbrücken der Deutschen Bahn mit Nachdruck zu fordern.
5. Im Sinne einer Verbesserung der Hochwassersicherheit muss die Sohle im Staubeereich genau im Auge behalten werden, und es sind frühzeitig Gegenmaßnahmen einzuleiten. Vielleicht sind dafür nicht einmal unbedingt Querprofilmessungen erforderlich, sondern die kontinuierliche Aufzeichnung von Punktmessungen an relevanten Orten könnte vielleicht ausreichen. In jedem Falle sollte genauer untersucht werden, wann eine kritische Sohlenlage erreicht ist (kritisch unter Berücksichtigung der während eines Hochwassers zusätzlich anfallenden Volumina) und

wie darauf mittel und kurzfristig während eines Hochwassers reagiert werden soll. Auch dazu wären die Erkenntnisse von Punkt 2 wichtig.

6. Die DB wird in naher Zukunft eine zusätzliche Linie über die Saalach bauen. Dabei ist vorgesehen, die neue Brücke auf gleicher Höhe wie die alte zu fundieren. Das WWA-TS sowie Herr Max Aicher haben eine Variante mit tieferer Fundierung angeregt. Die Versuche in Graz haben gezeigt, dass der Bereich oberhalb der Eisenbahnbrücke hydraulisch entkoppelt ist, und dass Spülungen dieses Bereichs durch Staulegungen am KW Rott deshalb nur sehr eingeschränkt bis unmöglich sind. Die Schleppspannung zwischen Brücke und Stauwurzel ist im Wesentlichen durch das Gefälle im Bereich oberhalb der Brücke alleine gegeben, bzw. im Umkehrschluss kann die Schleppspannung nur erhöht werden, falls das Sohlengefälle zunimmt, was nur durch zusätzliche, oberstromige Ablagerungen geschehen kann. Angesichts der Tatsache, dass in der Saalach in Zukunft das Geschiebeaufkommen aus ökologischen Gründen, aus Gründen eines drohenden Sohl-durchschlags beziehungsweise eines klimatisch bedingten erhöhten Geschiebe-anfalls zunehmen wird, wird sich die Situation mit Anlandung von Geschiebema-terial im Staubereich und damit die Hochwassergefährdung von Freilassing ohne regelmäßige Ausbaggerungen oder Geschiebespülungen tendenziell eher erhö-hen. Gegenüber den Ausbaggerungen haben Geschiebespülungen den entschei-denden Vorteil, dass auch während des Hochwassers selber erhebliche Geschie-be-mengen durch die Stauhaltung transportiert werden können. Ich erachte es deshalb als zwingend notwendig, im Zuge des Baus einer neuen Eisenbahntras-se, die bestehende, gefährliche Situation nicht zu zementieren, sondern im Ge-geenteil Voraussetzungen für eine Entschärfung auch an der alten Brücke zu schaf-fen. Ich unterstütze deshalb den im Raum stehenden Vorschlag, den Kolk-schutz an der neuen Brücke und in einem zweiten Schritt auch an der alten Brücke tiefer zu legen uneingeschränkt, da erst eine solche Lösung ein gezieltes Geschiebe-management ermöglicht. Die Höhenlage des Kolk-schutzes sollte in einer komple-xen, numerischen Geschiebemodellierung unter Berücksichtigung des Geschiebe-transport, der Ökologie und der Verhinderung eines Sohl-durchschlags und unter Beachtung der heutigen aber auch der zukünftigen Situation optimiert werden.
7. Ich würde dem Freistaat Bayern dringend empfehlen, mindestens für stark Ge-schiebeführende Flüsse wie die Saalach, eine umfassende Studie betreffend die Potentiale des Geschiebeeintrags, der transportierten Geschiebemengen, der Identifizierung von Auflandungs- und Erosionsstrecken sowie möglicher, gefährli-cher Interaktionen von Hochwasserabfluss und Sohlenveränderungen durchzufüh-

- ren. Entsprechende Untersuchungen könnten helfen, künftige Schwachstellen zu erkennen und Schäden zu vermeiden!
8. Die mehrdimensionale, numerische Modellierung von kombinierten Wasser-/Feststoffabflüssen ist komplex und erfordert hohes Fachwissen und langwierige Erfahrung. Obschon entsprechende, kommerzielle Software vermehrt kaufbar ist, so ist deren erfolgreicher Einsatz nicht so sehr eine Frage der Software sondern eher des Verständnisses/Anpassungsfähigkeit der Software und der auf Vergleichen (Numerik, physikalischer Modellversuch, Naturbeobachtung) beruhenden Erfahrung des Modellierers. Die Saalach stellt zudem mit den tieferen Salzburger Seetonschichten (Sohldurchschlag) erhöhte Anforderungen, die nicht nur den Einbau einer Nicht-Gleichgewichts Formulierung des Geschiebetransports, sondern auch zweier komplett unterschiedlicher Sohlmaterialien und damit die Anpassungsfähigkeit in Form eines vorhandenen Quellcodes zwingend erfordern.
 9. Wie die Hochwasserschäden von Freilassing zeigen, ist es problematisch, wenn Überflutungsgefährdungen und Hochwasserschutzmaßnahmen nur mit Reinwasserbetrachtungen überprüft werden, sei dies aus Kostengründen oder aus Gründen der Verfügbarkeit kommerzieller Software. Wenn sich angesichts der klimatisch zu erwartenden Verschärfung nicht schnell Grundlegendes ändert, werden weiterhin Baumaßnahmen im und am Fluss geplant und gebaut, die infolge Vernachlässigung des Feststofftransports den künftigen Anforderungen nicht gewachsen sein werden. Der Fall Freilassing sollte ein Lehrbeispiel darstellen um künftige Schäden zu vermeiden.

VERWENDETE LITERATUR

Abreß (2002). Vollzug der Wassergesetze; Ersatzbau für das Saalachkraftwerk Rott an der Saalach im Grenzbereich zwischen den Städten Freilassing und Salzburg. Bescheid des Landratsamtes Berchtesgadener-Land, Berchtesgaden, 17 Seiten.

Belz et al. (2013). Länderübergreifende Analyse des Juni-Hochwassers 2013, Bericht BfG-1797, Koblenz, 69 Seiten.

DB ProjektBau GmbH (2013). Pläne zum 3-gleisigen Ausbau der Saalach, Bauzustand, Bauphase III. München.

Flögl W. (2000). Saalach Kraftwerk Rott – Freilassing/Ersatzbau. Längenschnitt Saalach, Maßstab 1:2000/100, Linz, Österreich.

Gostner R. (2005). Sohlrampe Saalach – km 4,600. Bauentwurf/Einreichdetailprojekt, Technischer Bericht Ingenieurbüro Gostner und Aigner, Wals, Österreich, 22 Seiten.

Haitzmann (2005). Vollzug der Wassergesetze; Errichtung einer Sohlrampe in der Saalach bei Fkm 4,6, Bescheid des Landratsamtes Berchtesgadener-Land, Berchtesgaden, 17 Seiten.

Heigerth G., Klasinc R., Mayr D. (2002). Saalach Kraftwerk Rott-Freilassing Ersatzbau, Gutachten der TU Graz, Hermann Grengg Laboratorium, Graz, 27 Seiten, mit Anhang.

Heinz R., Prokoph R. (2013). Junihochwasser 2013 in der Saalach. Berechnungen, persönliche Kommunikation und Dokumentation, WWA Traunstein, Traunstein.

LfU (2013). Junihochwasser 2013 – Wasserwirtschaftlicher Bericht. Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg, 95 Seiten.

Strobl Th., Hartlieb A., Schindler M. (2004). Geschiebetransportmodellierung Saalach, Modellvergleich an der Musterstrecke Triftwehr - Käferhamer Wehr. Bericht I, Lehrstuhl für Wasserbau und Wasserwirtschaft der TU München, München, 16 Seiten.

Strobl Th., Hartlieb A., Schindler M. (2004). Geschiebetransportmodellierung Saalach, Eintiefungsstrecke Zollhauswehr - Kraftwerk Rott (km 8,0 - km 2,5). Bericht II, Lehrstuhl für Wasserbau und Wasserwirtschaft der TU München, München, 28 Seiten.

Wienerroither, Wagner (2002). Saalachkraftwerk Rott-Freilassing; Ersatzbau; Wasserrechtliche Bewilligung. Bescheid Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien, 76 Seiten.