

OPTIMIERTE ENTLANDUNGSMASSNAHMEN AN ALPINEN SPEICHERN

Helmut Knoblauch, Hannes Badura, Josef Schneider

Einleitung

Die Speicher wasserbaulicher Anlagen dienen zur Erzeugung elektrischer Energie, zur Sicherung des Hochwasserschutzes, zur Bewässerung oder auch zur Gewinnung von Trinkwasser. Die Funktionsfähigkeit der Speicher kann jedoch durch die Verlandung infolge des natürlichen Sedimenttransportes beeinträchtigt werden. Aus diesen Gründen sind die Betreiber von wasserbaulichen Anlagen bemüht, ein nachhaltiges Sedimentmanagement anzuwenden.

In den Jahren 2003 bis 2006 wurde das internationale EU INTERREG IIIB Projekt ALPRESERV durchgeführt, um die Bemühungen in Bezug auf die wasserwirtschaftlichen, rechtlichen und ökologischen Randbedingungen zusammenzufassen und einen gegenseitigen Erfahrungsaustausch zu ermöglichen. Im Zuge dieses Projektes wurde als ein Pilotprojekt der Stauraum des KW Bodendorf an der Oberen Mur ausgewählt. Im Rahmen zweier Stauraumspülungen wurde hierfür ein umfangreiches Monitoring in Bezug auf den Feststofftransport durchgeführt, um die Auswirkungen zukünftiger Entlandungsmaßnahmen in wasserwirtschaftlicher und ökologischer Hinsicht zu optimieren.

1 Das EU INTERREG IIIB Projekt ALPRESERV

Im Rahmen des EU-initiierten INTERREG IIIB Programms wurde Anfang 2003 das Projekt ALPRESERV („Sustainable Sediment Management of ALPine RESERVoirs considering ecological and economical aspects“) gestartet, das 17 Projektpartner aus 5 Ländern (Deutschland, Österreich, Italien, Schweiz und Slowenien) vereinte (Abbildung 2). Die Ziele des Projekts bestanden darin, durch einen Wissensaustausch, durch Pilotprojekte und eine gemeinsame Datenbank die Probleme der Verlandung von Speichern im alpinen Raum auf einer internationalen Expertenebene zu diskutieren und gemeinsam Lösungen zu erarbeiten.



Abbildung 1: Symbole des EU-INTERREG IIIB Projektes ALPRESERV

Die Randbedingungen für einen Maßnahmenkatalog wurden aus technischer, rechtlicher und ökologischer Sicht zusammengefasst und über eine Datenbank interessierten Personen wie auch Institutionen zur Verfügung gestellt.



Abbildung 2: Die Projektpartner von ALPRESERV

2 Die Pilotprojekte

Die Auswahl der in Summe sieben Pilotprojekte erfolgte unter dem Kriterium, ein möglichst breites Spektrum von Problemstellungen zum Thema der Stauraumverlandung zur Verfügung zu haben. Berücksichtigt wurden ein Flusskraftwerk, Speicher im voralpinen Bereich und weitere in der alpinen Zone (Abbildung 3).



Abbildung 3: Lokalisierung der Pilotprojekte (Tourtemagne, Forni, Barcis, Pieve di Cadore, Sylvenstein, Margaritze, Bodendorf) und der Projektpartner

3 Das Pilotprojekt Kraftwerk Bodendorf

Dieses Flusskraftwerk dient als Kopfspeicher der Mur (Abbildung 4). Es befindet sich im Eigentum der Verbund-Austrian Hydro Power AG. Oberhalb des Stauraumes befindet sich eine freie Fließstrecke, in der das Flusssediment ungehindert transportiert werden kann. Größtenteils lagert sich das transportierte Sediment im Stauraum Bodendorf ab. Daraus ergeben sich Anlandungen, die im Bereich der Stauwurzel zum Anheben der Wasserspiegel führen. Weiters kann angelandetes Geschiebe zu Funktionsbeeinträchtigung der Betriebsorgane (Krafthaus und Wehranlage) führen. Im Unterwasser hingegen kommt es in der Mur durch den fehlenden Geschiebeeintrag zu Eintiefungserscheinungen und verringerten Umlagerungen von Schotterbänken, die als Fischlaichplätze dienen.

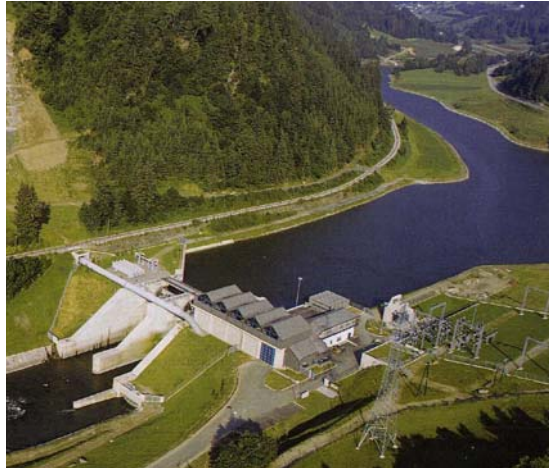


Abbildung 4: Das KW Bodendorf (Quelle: Verbund AHP)

Die Messergebnisse fanden einerseits in die wasserwirtschaftliche Beurteilung einer Spülung Eingang, andererseits dienten sie zur Kalibrierung eines Geschiebemodells für den Stauraum und eines instationären Strömungsmodells. Im Projekt ALPRESERV sollte durch den Vergleich zwischen den Messungen vor, während und nach einer Spülung und den Ergebnissen von Berechnungen ein Instrument zur Beschreibung der dynamischen Schweb- und Geschiebetransportvorgänge gefunden werden. Es sollte so zu einer wesentlichen Verbesserung der Spülsituation, insbesondere zur Verbesserung des Geschiebetransports in den Stauräumen bei gleichzeitiger Verringerung der für die Fischpopulation schädlichen Schwebstoff-Konzentrationsspitzen in der Mur kommen. In der Abbildung 5 sind in einer Übersicht die Lage der bei den beiden Spülungen 2004 und 2006 betroffenen Kraftwerke und die Lage der Messstellen angegeben.

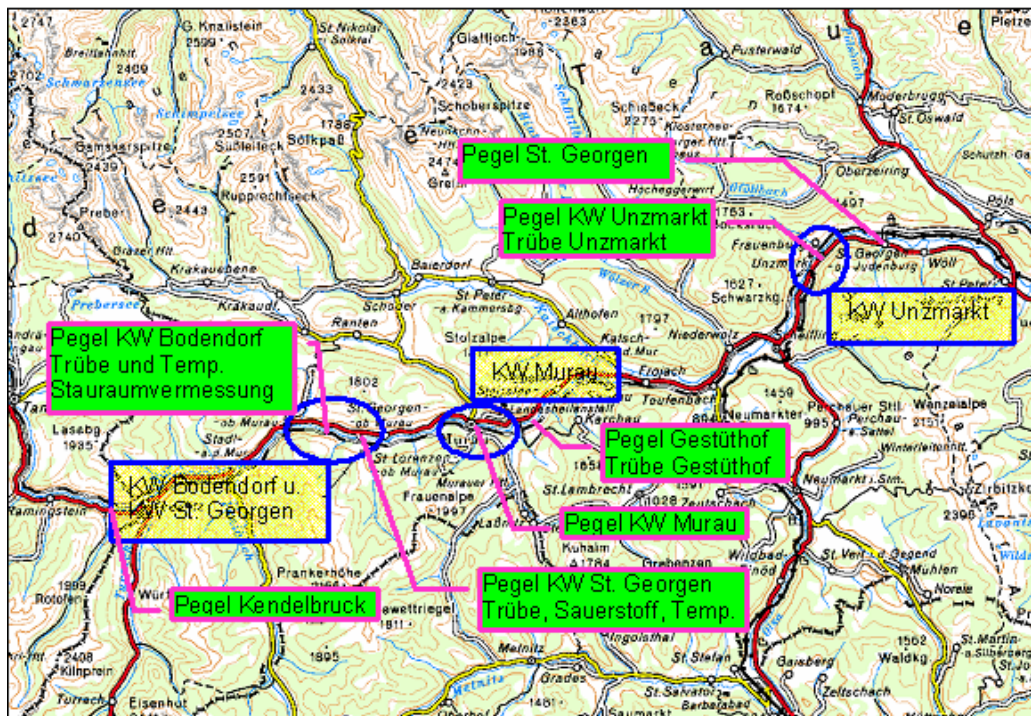


Abbildung 5: Übersicht über das Projektgebiet und Messstellen an der Obere Mur (Hintergrund: Kartenwerk ÖK500, BEV)

4 Schwebstoffmessungen während der Stauraumpfüllung

Aus den Messungen der Echolotungen, der Schwebstoff-, Geschiebe- und Pegelmessungen konnten die Spülungen bilanziert und die Auswirkung der Maßnahmen auf den Feststofftransport genau dokumentiert werden.

Exemplarisch für die Messergebnisse wird in den Abbildung 6 und Abbildung 7 die Schwebstoffkonzentrations-Messung unterhalb des Kraftwerkes St. Georgen ob Murau (Unterlieger des KW Bodendorf) mit dem Staupegel am Kraftwerk Bodendorf während der Spülungen im Jahr 2004 und 2006 dargestellt. Während der Spülung im Jahr 2004 wurde der Abstauvorgang unterbrochen und ein kurzzeitiger Wiederaufstau eingeleitet, um die Schwebstoffkonzentration unter dem Richtwert von 4,5 g/l halten zu können. Nach dem Rückgang der Schwebstoffkonzentration (ca. 18:00, siehe Abbildung 6) wurde vollständig abgestaut, wobei im Übergang zum freien Durchfluss der maximale Konzentrationswert erreicht wurde (ca. 22:00).

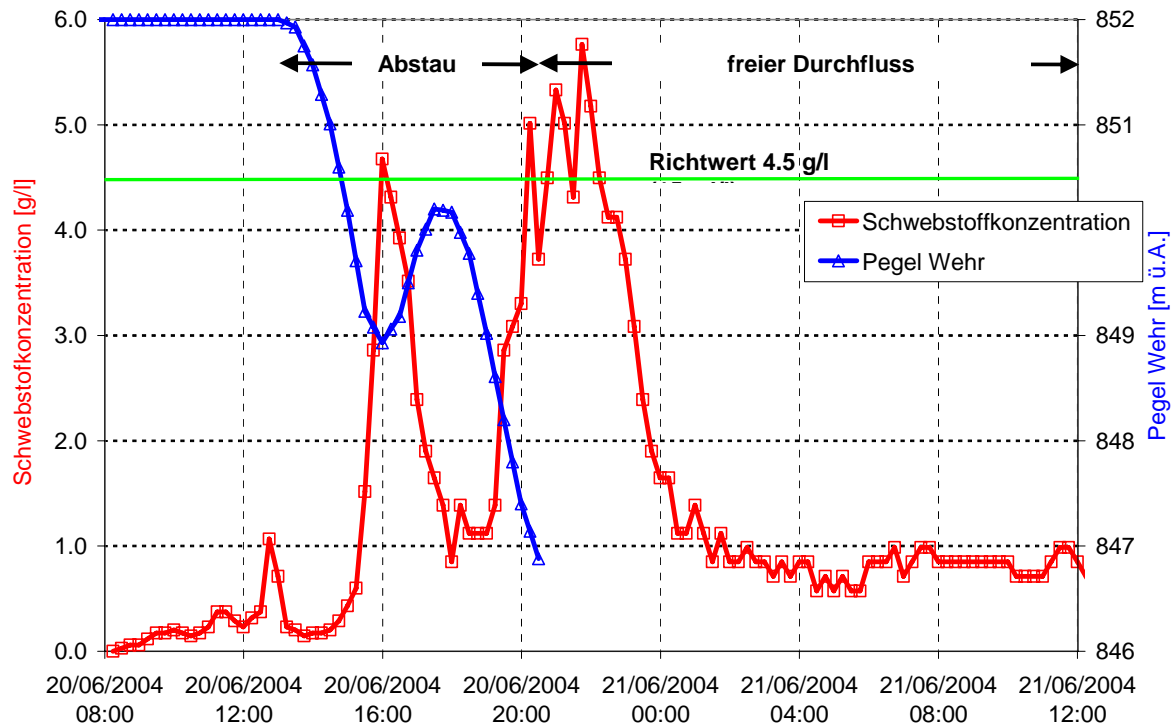


Abbildung 6: Pegel Bodendorf und Schwebstoffkonzentrationen St. Georgen (2004), Wiederaufstau nach Überschreiten der Schwebstoffkonzentration von 4,5 g/l.

Die Erfahrungen aus der Spülung im Jahr 2004 und den vorangegangenen Spülungen zeigten, dass die Schwebstoffkonzentration ab einer bestimmten, abgesenkten Wasserspiegelhöhe im Stauraum Bodendorf ansteigt. Für die Spülung im Jahr 2006 wurde daher eine Reduktion der Abstaugeschwindigkeit von 0,5 m/h auf 0,3 m/h vorgeschlagen. Bei der Durchführung der Maßnahme im Jahr 2006 hat sich die positive Wirkung der Reduktion der Abstaugeschwindigkeit bestätigt und die Schwebstoffkonzentrationen während des Abstauvorganges (Abbildung 7, 9:00-ca 18:00 Uhr) konnten unter dem Richtwert gehalten werden.

Nicht geklärt ist das Auftreten der hohen Konzentrationsspitze am 21.6.2006 um ca. 22:00 Uhr (Abbildung 6). Der Stauraum des KW Bodendorf war zu diesem Zeitpunkt bereits entleert und es herrschte freier Durchfluss am Wehr. Der plötzliche Konzentrationsanstieg kann wegen der großen Masse nicht auf das Einrutschen einer Flanke zurückgeführt werden. Eine mögliche Erklärung ist eine Überlagerung von Feinsedimenten durch Geschiebe während eines zehnjährigen Hochwasserereignisses, das im Oktober 2005 auftrat. Bei diesem Hochwasser gab es keine Staulegung, entsprechend viele Feststoffe setzten sich während des Ereignisses im Stauraum ab. Beim Abstau während der Spülung im Mai 2006 konnte

das abgesetzte Geschiebe wegen der fehlenden Schleppkräfte während des Abstauvorganges vorerst nicht bewegt werden. Erst nach einer „Abspülphase“ dieses Geschiebes bei freiem Durchfluss könnten die darunter liegenden Feinsedimente freigelegt worden sein. Die Erosion dieser Sedimente könnte in weiterer Folge zum Anstieg der Schwebstoffkonzentration im Unterwasser geführt haben.

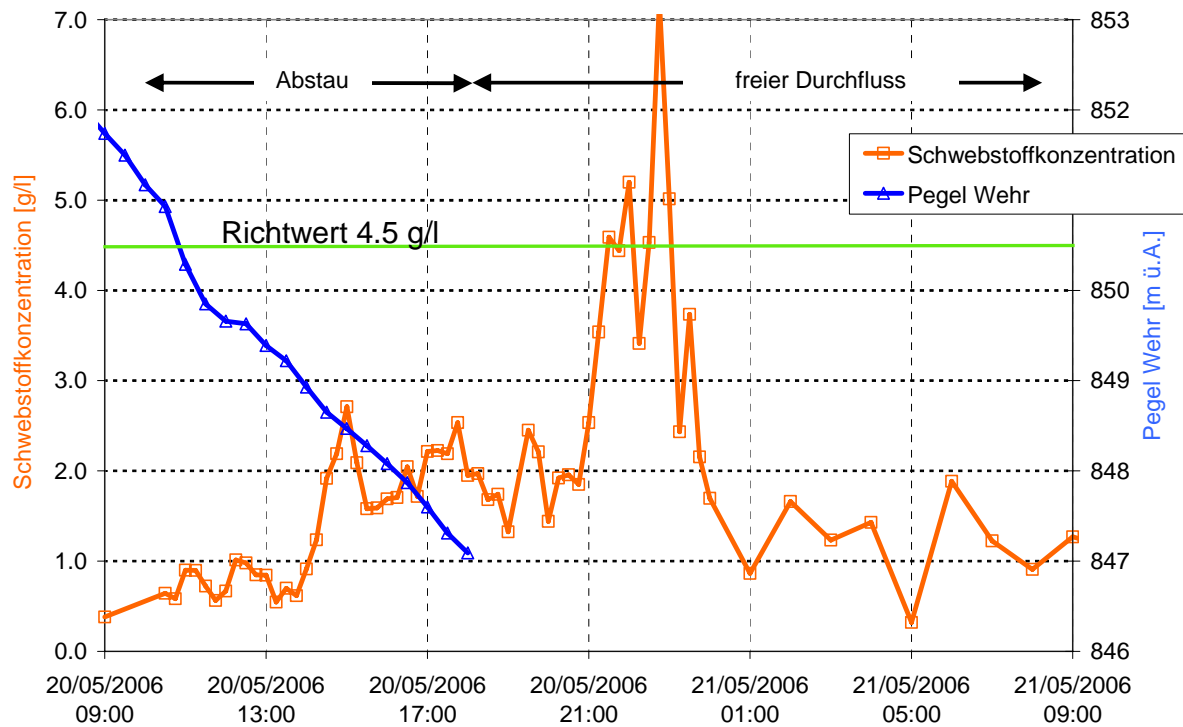


Abbildung 7: Pegel Wehr Bodendorf und Schwebstoffkonzentrationen St. Georgen (2006), Reduktion der Abstaugeschwindigkeit nach Erreichen einer vorgegebenen Wasserspiegellhöhe

5 Optimierung der Entlandungsintervalle durch Feststoffbilanzen

Die Massenbilanz für den Stauraum Bodendorf setzt sich aus gemessenen und errechneten Werten zusammen.

Die Verhältnisse des Feststoffaustrags zum natürlichen Feststoffeintrag während einer Spülung sind in Abbildung 8 festgehalten. Seit der Inbetriebnahme des Kraftwerks Bodendorf bis zur ersten Spülung im Jahre 1996 vergingen 14 Jahre. Das Verhältnis zwischen Ein- und Austrag aller Feststoffe bei den Spülungen 1996 und 1999 betrug dabei 1:86 bzw. 1:71. Bei den Spülungen 2002, 2004 und 2006 betrug die Verhältnisse von Eintrag zu Austrag zwischen 1:19 (Spülung 2002) und 1:22 (Spülung 2006). Bei den kurzen Spülintervallen von 2 bis 3 Jahren konnte sich

daher ein stabiles Verhältnis zwischen eingetragenen und ausgetragenen Sedimenten einstellen.

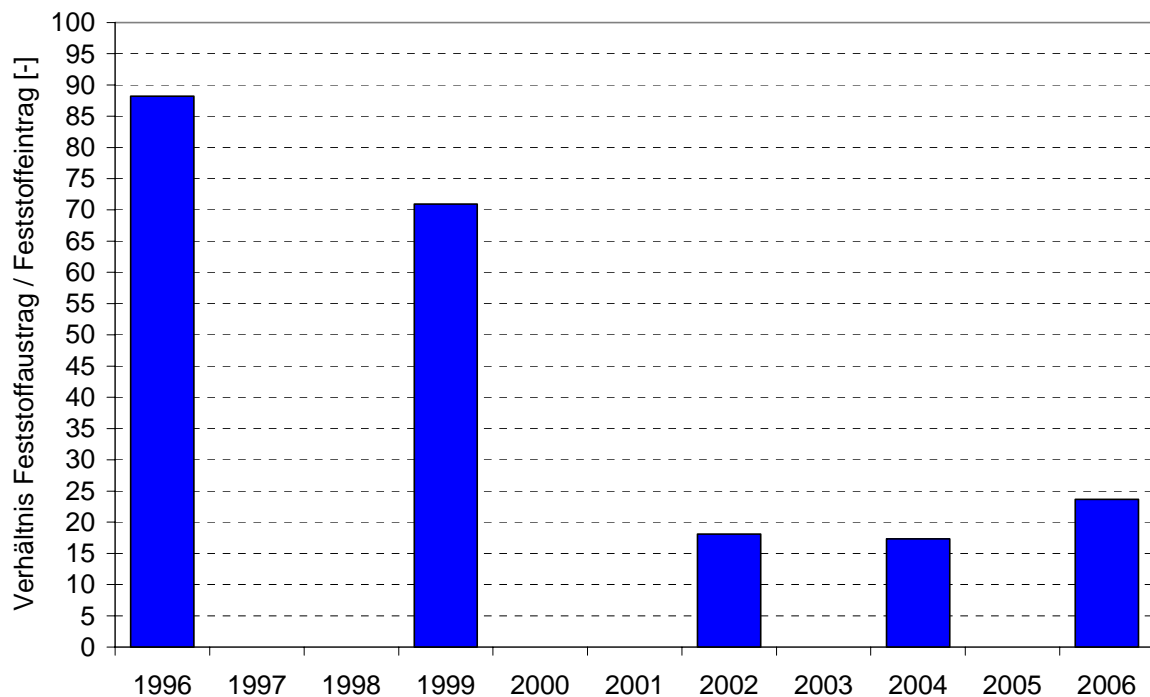


Abbildung 8: Verhältniswerte aus mittleren Eintrag zu mittleren Austrag von Feststoffen während einer Spülung am KW Bodendorf

Die Abbildung 9 zeigt die mittleren und maximalen Schwebstoffkonzentrationen während der bisher durchgeführten Spülungen. Die Erstspülung 1996 brachte sowohl in der mittleren Schwebstoffkonzentration (blau) als auch in der maximalen Schwebstoffkonzentration (rot) eine deutliche Überschreitung des Richtwerts (4,5 g/l). Während der Spülung 1999 sank die maximale Schwebstoffkonzentration, allerdings ist die mittlere Konzentration noch deutlich höher als bei den letzten 3 Spülungen. Bei einem großen Hochwasser wie im Jahr 2002 (Spitze ca. HQ₅) sinkt die mittlere Konzentration wegen des Verdünnungseffektes ab, gleichzeitig können jedoch deutliche Konzentrationsspitzen entstehen.

Als Schlussfolgerung kann damit festgehalten werden, dass bei längeren Spülintervallen die plötzliche Schwebstoffbelastung für das Gewässer erheblich ansteigt. Bei den Spülungen 2004 und 2006 (~HQ₁ und ~HQ_{1,5}) mit einem Spülintervall von ca. 2 Jahren wurden hingegen nur geringfügige Richtwertüberschreitungen der Schwebstoffkonzentrationen registriert. Diese traten jedoch nicht in der Abstauphase, sondern bereits beim Vorliegen des freien Durchflusses auf.

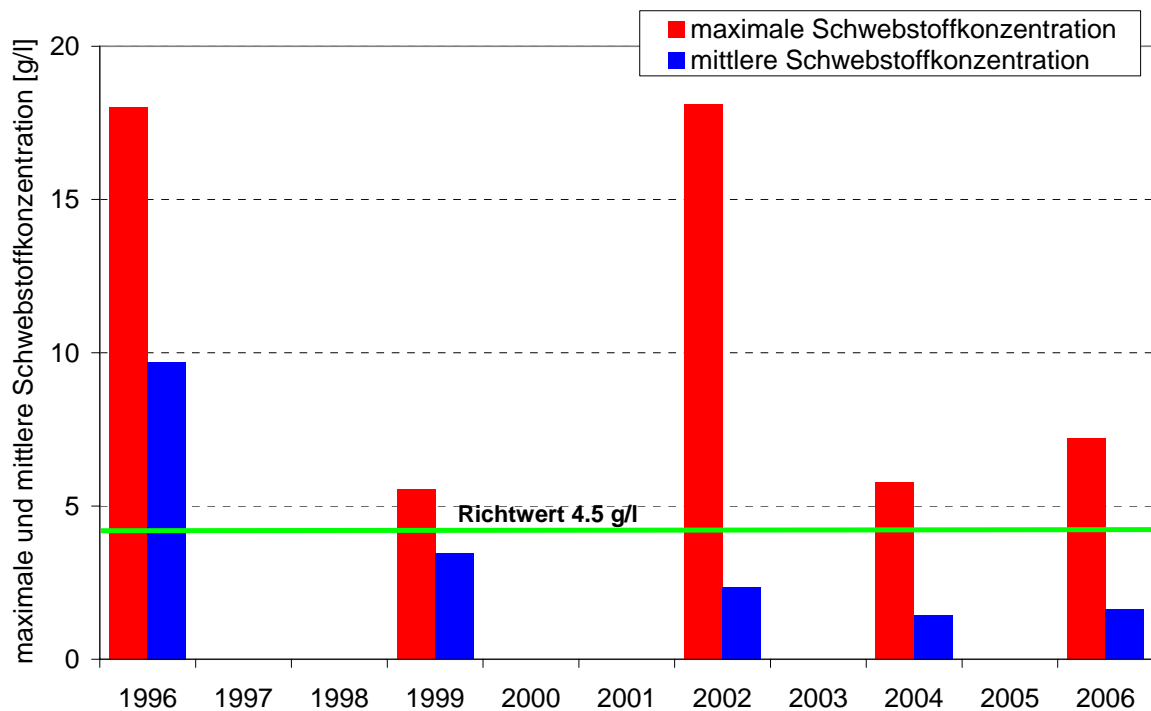


Abbildung 9: Mittlere und maximale Schwebstoffkonzentrationen, Messstelle St. Georgen ob Murau

6 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die Möglichkeiten, Maßnahmen gegen Stauraumverlandungen zu setzen, sind begrenzt und werden zusätzlich durch wirtschaftliche, technische, rechtliche und ökologische Aspekte beschränkt. Das EU-INTERREG IIIB Projekt ALPRESERV soll auf der Grundlage von Betriebserfahrungen die nachhaltige Bewirtschaftung von Speichern ermöglichen.

Die für eine Entlandung eines Stauraumes maßgebenden Parameter sind die hydrologischen, hydraulischen und zeitlichen Randbedingungen. Diese haben auch kurz- bis mittelfristige Auswirkungen auf die ökologischen Bedingungen im Flusssystem. Unter anderem sollen die Schwebstoffkonzentrationen unter Berücksichtigung der technischen Möglichkeiten während der Durchführung einer Spülung gering gehalten werden, um negative ökologische Folgewirkungen im Fluss zu minimieren. Um diese Punkte für das Pilotprojekt KW Bodendorf an der Oberen Mur zu erfüllen, ergibt sich aus den Auswertungen und der Interpretation der Messungen und Berechnungen ein regelmäßiges Spülintervall von 1 - 2 Jahren. Damit wird verhindert, dass sich Feinsedimente im Stauraum ablagern, die bei einer Spülung zu übermäßig erhöhten Schwebstoffkonzentrationen in der Mur führen

würden. Abgelagertes Geschiebe im Stauwurzelbereich kann leichter weitertransportiert werden. Weiters wird eine Staulegung ab einem HQ_5 empfohlen, damit massive Anlandungen von Geschiebe an der Stauwurzel verhindert werden bzw. das Geschiebe ungehindert ins Unterwasser befördert werden kann.

Die Auswertungen der hydraulischen Berechnungen und der Messergebnisse zeigen, dass die über 2 Jahre eingetragene Feststofffracht mittels eines Hochwassers mit einer Spitze von ca. $180 \text{ m}^3/\text{s}$ unter Beibehaltung einer Spüldauer von 2 Tagen wieder ausgebracht werden kann. Bereits ein 3-jährliches Spülintervall würde eine langfristige Verlandung des Stauraumes Bodendorf bedeuten. Unter Berücksichtigung des Mindestabflusses und den Auswertungen der Abflusszeitreihe der letzten 35 Jahre ist dieser Ansatz als realistisch und technisch umsetzbar einzuschätzen.

Die negativen, ökologischen Folgen hoher Schwebstoffkonzentrationen im Fall einer Spülung können ebenfalls durch ein kurzes, regelmäßiges Spülintervall minimiert werden. Kurze Konzentrationsspitzen können durch eine gezielte Abstauregelung und durch eine nicht lineare Abstaugeschwindigkeit an den Wehren vermieden werden.

7 Literatur

Badura, H., Larsen, O., Knoblauch, H., Schneider, J., Heigerth G., 2006, Numerische Simulation des Abstauvorgangs während Stauraumspülungen am Beispiel der Oberen Mur, Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft der Technischen Universität Graz, Band 46/1, S. 349

Dorfmann, C., 2006, Optimierung der Ab- und Aufstauvorgänge bei Stauraumspülungen an der Oberen Mur, Diplomarbeit an der Technischen Universität Graz.

8 Autoren

Dipl.-Ing. Dr. Helmut Knoblauch; Universitätsassistent am Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Technische Universität Graz, Stremayrgasse 10, A-8010 Graz; helmut.knoblauch@tugraz.at

Dipl.-Ing. Hannes Badura, Projektmitarbeiter am Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Technische Universität Graz, Stremayrgasse 10, A-8010 Graz;
h.badura@tugraz.at

Dipl.-Ing. Dr. Josef Schneider, Universitätsassistent am Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Technische Universität Graz, Stremayrgasse 10, A-8010 Graz;
schneider@tugraz.at