

Wolfgang Strasser und Hans-Burkhard Horlacher

Optimierung der Wasserkraftnutzung von einer Trinkwassertalsperre

Die Trinkwassertalsperre Kleine Kinzig ist in den Jahren 1978 bis 1982 zur Trinkwasserversorgung von Städten und Gemeinden im mittleren Schwarzwald mit ca. 250 000 Einwohnern gebaut worden. Die erwartete Steigerung der Trinkwasserabgabe von ca. 6 Mio. m³ im Jahr 1982 auf ca. 11 Mio. m³ ist selbst nach ca. 30 Betriebsjahren nicht eingetreten. Von Seiten des Zweckverbandes Trinkwasserversorgung Kleine Kinzig liegt nun das Augenmerk auf einer Optimierung der Wasserkraftnutzung. Hierzu sind der Einsatz der Turbinen und die Bewirtschaftung des Speichers zu überdenken sowie geeignete Betriebsregeln zu entwickeln.

1 Einleitung

Die Talsperre Kleine Kinzig ist in den Jahren 1978 bis 1982 mit dem Zweck gebaut worden, 20 Städte und Gemeinden mit mehr als 250 000 Einwohnern mit Trinkwasser zu versorgen. Hierzu wurde der Zweckverband Wasserversorgung Kleine Kinzig gegründet. Die Aufgaben des Zweckverbandes sind der Betrieb und die Unterhaltung der Talsperre, die Wasseraufbereitung und die Wasserverteilung. Das Hauptanliegen des Zweckverbandes ist die sichere Versorgung der angeschlossenen Gemeinden mit Trinkwasser [1].

Eine Wasserkraftnutzung aus der Talsperre war von Anfang an vorgesehen. Es wurden zwei Turbinen angeordnet, um die Höhendifferenz zwischen dem Wasserspiegel im Speicher und dem Wasserwerk bzw. dem Tosbecken auszunutzen. Zum Zeitpunkt des Baus der Talsperre rechnete man allgemein mit einer jährlichen Steigerungsrate des Trinkwasserverbrauchs zwischen 6 und 7%. So wurde erwartet, dass die Trinkwasserabgaben von rund 6 Mio. m³ in Jahr 1984 in den Folgejahren auf 10 bis 11 Mio. m³ steigen würden. Für letztere jährliche Abgaberrate könnte man mit der Talsperre eine zuverlässige Trinkwasserversorgung sicherstellen [2].

Wie in der gesamten Bundesrepublik sind die prognostizierten Trinkwasserbedarfsteigerungen auch bei den von der Trinkwassertalsperre Kleine Kinzig versorgten Verbrauchern nicht eingetreten. Man kann feststellen, dass der Trinkwasserverbrauch seit ungefähr dem Jahr 1990 auf gleichem Niveau verbleibt, teilweise

wurde sogar eine geringe Abnahme registriert. Auch mit Blick auf den erwarteten demografischen Wandel ist sich die Fachwelt einig, dass der Trinkwasserverbrauch sich nicht mehr steigern wird. Vermutlich werden die Auswirkungen des Klimawandels (erhöhte Jahrestemperatur führt zu gesteigertem Trinkwasserbedarf) durch die gegenläufigen Tendenzen des demografischen Wandels ausgeglichen werden, so jedenfalls ist die gegenwärtige Meinung der Wissenschaftler.

Die mittlere Trinkwasserabgabe des Zweckverbandes Kleine Kinzig beträgt in den letzten Jahren ca. 5,2 Mio. m³, mit denen seit vielen Jahren die Abnehmer ganz oder teilweise versorgt werden. Mit dem vorhandenen bewirtschaftbaren Speicherraum von 10,24 Mio. m³ ist die Trinkwasserversorgung sichergestellt, so dass nun das Augenmerk auf eine Steigerung der Wasserkraftnutzung liegt. Hierzu sind der Einsatz der Turbinen und die Bewirtschaftung des Speichers zu überdenken sowie geeignete Betriebsregeln zu entwickeln, wobei die Sicherheit der Trinkwasserversorgung stets als prioritäre Aufgabe gewährleistet sein muss.

2 Kenndaten der Trinkwassertalsperre Kleine Kinzig

Das aus der Talsperre entnommene Wasser wird in zwei voneinander getrennten Rohrleitungssträngen durch den Entnahmestollen und das Verteilerbauwerk der Turbine T1 (Trinkwasserturbine) sowie der Turbine T2 geleitet. In **Bild 1** ist das hydraulische

Funktionsschema der Talsperre für den Leitungsstrang 1 und 2 dargestellt.

Aus **Bild 2** wird deutlich, dass für den Leitungsstrang 1 deutlich höhere Druckhöhenverluste angesetzt werden müssen. Diese rühren von der Vorreinigungsstufe her, die nachträglich im Jahr 2005 nach einem großen Hochwasser mit starken Eintrübungen angeordnet worden ist. Die Leitung 1 endet hinter der Turbine 1 im Entspannungsbecken mit der Überlauf-tulpe. Die Oberkante (OK) der Überlauf-tulpe liegt bei 546,46 m ü. NN. Der Leitungsstrang 2 speist das Wasser in das Tosbecken ein, dessen Überlaufschwelle die Höhenkote von 538,28 m ü. NN aufweist. Diese Angaben zeigen, dass Wasser, das über die Leitung 2 entnommen wird, energetisch besser genutzt wird. Hinzu kommt noch, dass ein Teil des mit der Leitung 1 entnommenen Wassers zur Aufhärtung verwendet und nicht durch die Turbine 1 abgearbeitet wird (**Bild 1a**).

Zur Nutzung des Fallhöhenunterschiedes zwischen der Talsperre (wechselnde Wasserspiegelhöhe im Speicher) und dem Wasserwerk sind in jedem Leitungsstrang eine Francis-Turbine der Fa. Voith angeordnet worden. Die Kennfelder der Turbinen sind in **Bild 3** dargestellt.

3 Einsatz der Turbinen

3.1 Einsatzbereich für die Turbine T1

Wie schon betont wurde, wird über die Leitung 1 aus der Talsperre Wasser entnommen, das vorwiegend zu Trinkwasser aufbereitet wird. Die Trinkwasseraufbe-

reinigung variiert zwischen ca. 120 l/s und der derzeit max. benötigten 360 l/s. Wird nun auch über die Leitung 1 die Pflichtwasserrate von 100 l/s entnommen, so werden über die Turbine T1 mindestens 220 l/s „abgearbeitet“. Die Pflichtwasserrate fließt hierbei auch über die Vorreinigung. Dieser Durchfluss wird über die Einlaufmulde in das Entspannungsbecken eingespeist. Von hier fließen dann 120 l/s zur Wasseraufbereitungsanlage und 100 l/s (Pflichtwasserrate) zum Tosbecken.

Insgesamt werden somit mindestens $120\text{ l/s} + 0,1 \cdot 120\text{ l/s}$ (Aufhärtung) + $100\text{ l/s} = 232\text{ l/s}$ aus dem Speicher der Talsperre entnommen. Dies ist folglich die Mindestentnahme aus dem Speicher. Wird eine höhere Trinkwasserabgabe erforderlich,

so geschieht dies mit der Leitung 1 und der Turbine T1. Unter Beachtung des Turbinenkennfeldes (Bild 3a) können mit der Leitung 1 und der Turbine T1 max. 450 l/s bei einem hohen Wasserstand in der Talsperre entnommen werden.

3.2 Einsatzbereich für die Turbine T2

Unter der Annahme, dass die Turbine T1 mit einem Mindestdurchfluss von 220 l/s und die Turbine T2 mit mindestens 300 l/s (bei ungünstigem Wirkungsgrad) gefahren werden, ergibt sich ein Einsatz der Turbine T2 erst ab einer Gesamtentnahme von ca. 500 l/s. Wegen der starken Abnahme der Wirkungsgrade für Durchflüsse $<400\text{ l/s}$ sollte die Turbine T2 erst ab Durchflüssen $\geq 400\text{ l/s}$ eingesetzt werden (Bild 3b).

Der Durchfluss durch Turbine T1 wird bei Betrieb von Turbine T2 nur dann erhöht, wenn dies für die Trinkwasserabgabe erforderlich wird. Ist dies nicht der Fall, dann wird zunächst der Durchfluss durch die Turbine T2 gesteigert, wenn die Entnahmerate, z. B. infolge hohen Wasserstands in der Talsperre, erhöht werden soll. Bei den vorliegenden hydraulischen Gegebenheiten können max. ca. 650 l/s über die Turbine T2 abgeführt werden. Ist die Entnahmerate weiter zu steigern, muss dies nun mit der Turbine T1 geschehen, die mit einem max. Durchsatz von ca. 450 l/s beaufschlagt werden kann. Insgesamt können somit ca. 1 100 l/s über beide Turbinen abgeleitet werden. Berücksichtigt man noch die benötigte Wassermenge für die Aufhärtung, so können maximal ca. 1 150 l/s aus der Talsperre mit den beiden Leitungen entnommen werden.

4 Untersuchungen zur Optimierung der Wasserkraftnutzung

Der Zweckverband hat ab dem Jahr 2002 tägliche Messungen über die Zuflüsse (Kleine Kinzig und Huttenbächle), über die Entnahmen (Abflüsse über die beiden Entnahmeleitungen, Turbinendurchflüsse, Durchflüsse durch die Grundablässe), über den Speicherwasserstand (Speicherinhalt) sowie über die Energiegewinnung durchgeführt (Bild 4). Mit diesen gemessenen Daten konnten die seitlichen, nicht gemessenen Zuflüsse an den Talflanken des Speichers sowie Zu- bzw. Abflussmengen aus Niederschlag und Verdunstung abgeschätzt sowie angepasste Zuflussreihen abgeleitet werden. Die so entwickelten Datenreihen bildeten die Grundlage für diese weitergehenden Untersuchungen zur Optimierung der Wasserkraftnutzung des Trinkwassertalsperre Kleine Kinzig.

Bei den Überlegungen zur Wasserkraftnutzung geht man von der bekannten Beziehung zur Ermittlung der Leistung einer Wasserkraftanlage aus:

$$P = \rho \cdot g \cdot \eta \cdot Q \cdot H \quad (1)$$

- mit P Leistung
- ρ Dichte des Wassers
- g Erdbeschleunigung
- η Gesamtwirkungsgrad (Turbine und Generator)
- Q Durchfluss
- H Fallhöhe

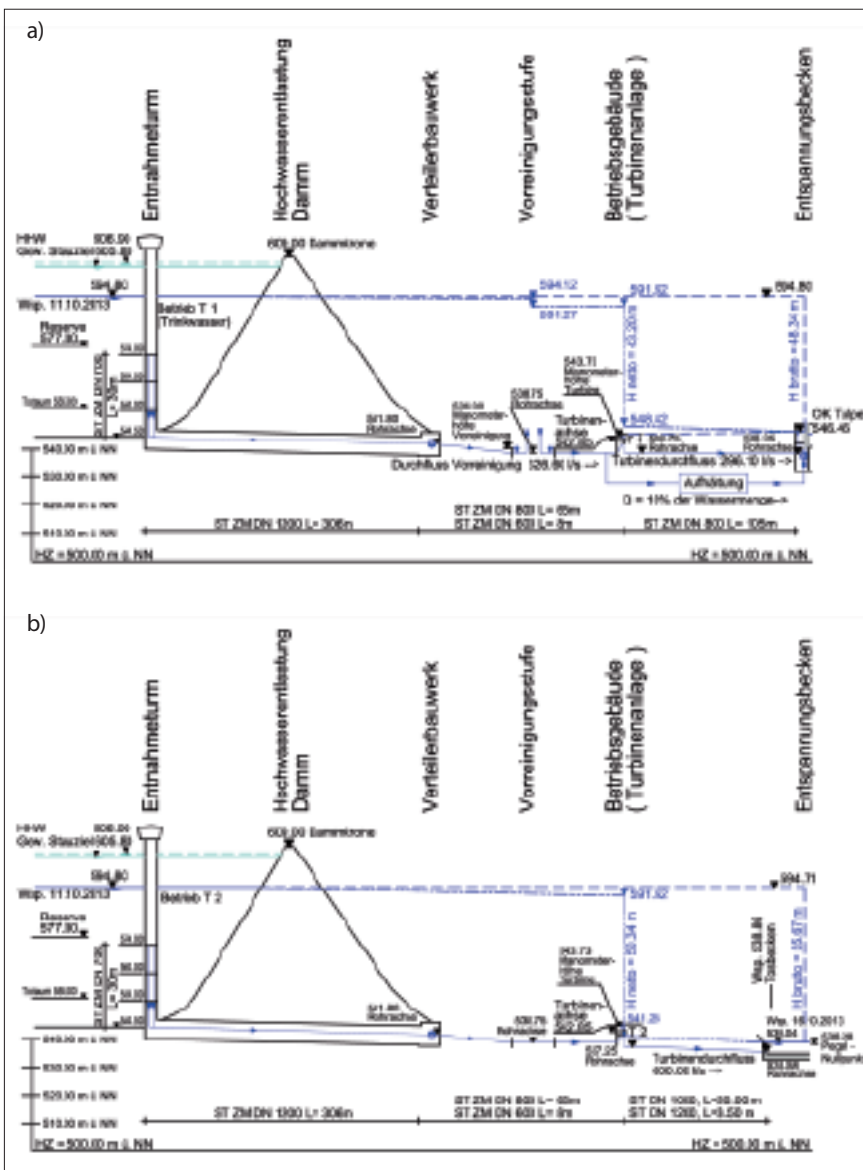


Bild 1: Hydraulisches Funktionsschema, a) Leitungsstrang 1, b) Leitungsstrang 2 (Quelle: Autoren)

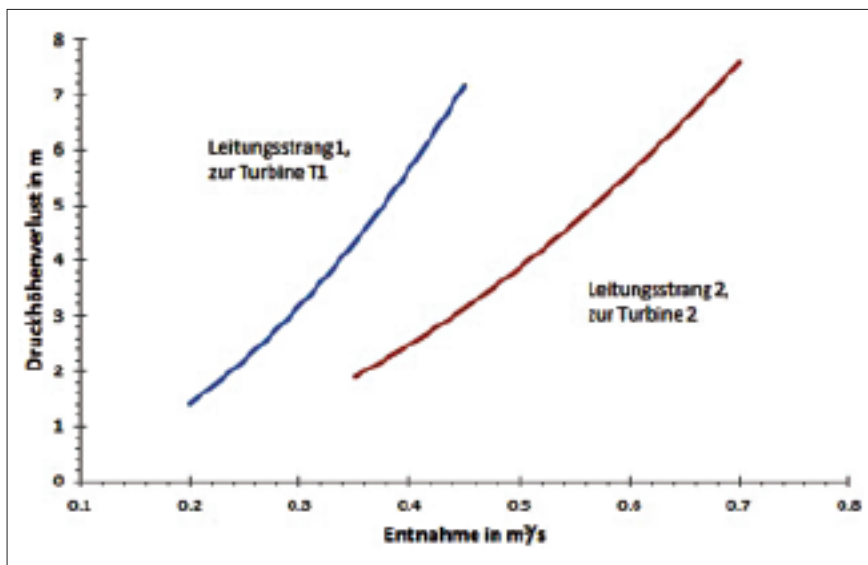


Bild 2: Druckhöhenverluste in Abhängigkeit von der Entnahmerate für die beiden Leitungsstränge 1 und 2 (Quelle: Autoren)

Aus Gl. (1) gehen sofort die drei maßgebenden Parameter – Wirkungsgrad, Durchfluss und Fallhöhe – für die Ermittlung der Leistung P hervor. Je größer jeder Parameter ist, desto größer wird die Leistung, eine bekannte Tatsache.

Der Durchfluss (Entnahme) ist nur in gewissen Grenzen wählbar. Hier sind folgende Variablen zu beachten: Zufluss, Speicherinhalt und Wasserstand, Trinkwasserbedarf, Pflichtwasserabgabe und möglicher Turbinendurchfluss. Um die Entnahme aus der Talsperre einzugrenzen, sind folgende Angaben hilfreich:

mittlerer jährlicher Zufluss zur Talsperre: 20 Mio. m^3 ($\sim 0,6 m^3/s$)

mittlere Trinkwasserabgabe: 5,25 Mio. m^3 ($\sim 0,17 m^3/s$)

jährliche Pflichtwasserabgabe: 3,15 Mio. m^3 ($0,1 m^3/s$)

max. Durchfluss Turbine 1 und 2: $\sim 1,1 m^3/s$

Um eine große Fallhöhe zu erreichen, ist ein hoher Wasserstand in der Talsperre anzustreben. Hierbei ist zu beachten, dass der kleine Hochwasserschutzraum von $0,33 hm^3$ nicht im normalen Betrieb in Anspruch genommen werden darf. Der Hochwasserschutzraum befindetet zwi-

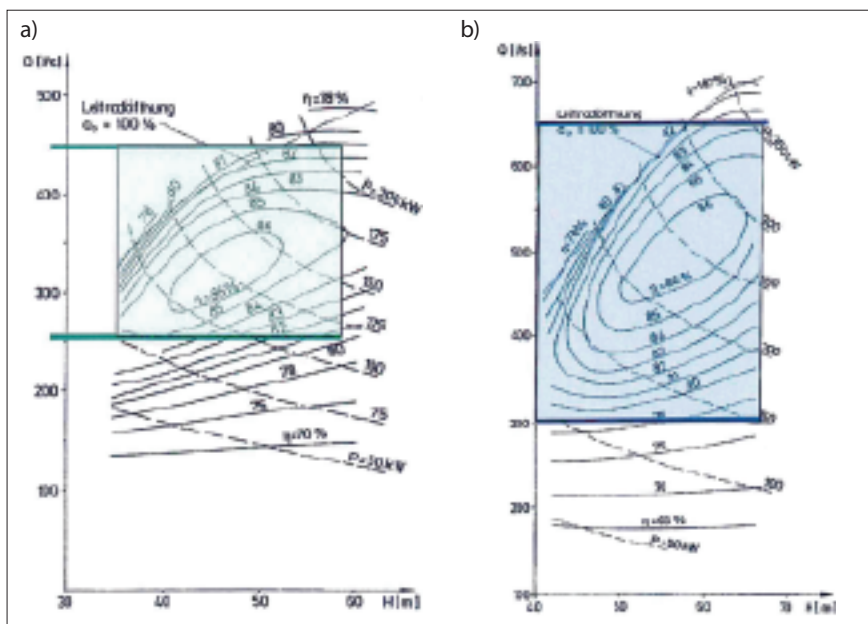


Bild 3: a) Kennfeld der Turbine T1, b) Kennfeld der Turbine T2 (empfohlener Arbeitsbereich der Turbine, hinterlegt; Quelle: Voith)

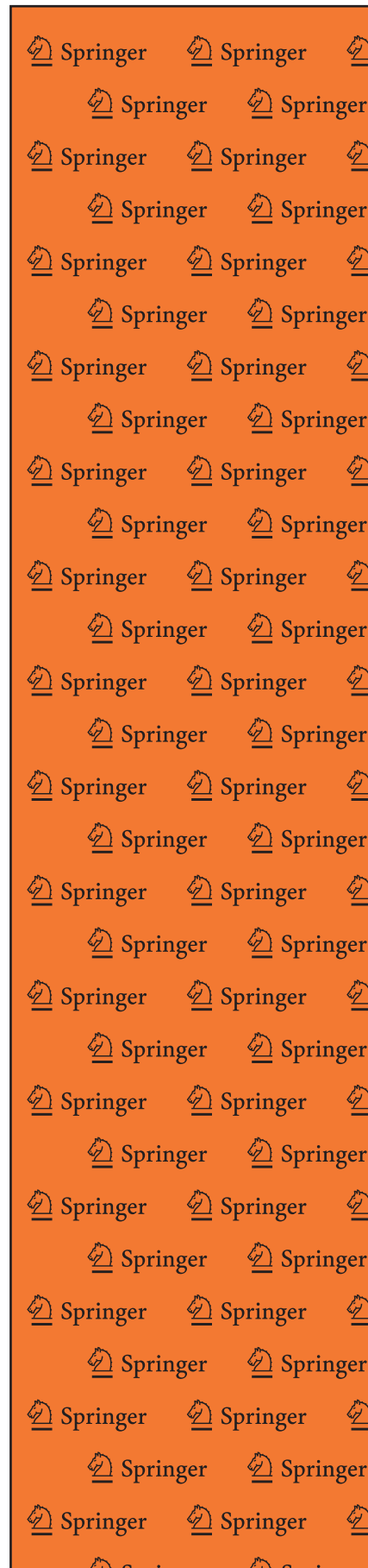




Bild 4: Trinkwassertalsperre Kleine Kinzig (Quelle: ZV Wasserversorgung Kleine Kinzig)

schen den Höhenkoten 605,32 m ü. NN und 605,82 m ü. NN. Ferner ist der Zweckverband zum Schutz der Unterlieger bestrebt, den Speicher so zu betreiben, dass möglichst selten die Hochwasserentlastungsanlage anspringt. Dies bedeutet, dass die Talsperre nicht mit einem Wasserstand, der nur knapp unterhalb des Hochwasserschutzraumes liegt, betrieben werden sollte. Welcher Wasserstand im Speicher der Talsperre zweckmäßig ist, musste durch iterative Untersuchungen herausgefunden werden.

Hierzu wurde ein Simulationsprogramm entwickelt, das aus den beiden Modulen zur Speichersimulation und zur Energieberechnung besteht. Das Speichermodul berechnet den Speicherinhalt und den Wasserstand in Abhängigkeit vom Zufluss (Tageswerte) sowie einer vom Wasserstand abhängigen Entnahme. Erreicht der Wasserstand im Hochwasserfall die Höhenkote der Überlaufmulde der Hochwasserentlastungsanlage (605,82 m ü. NN), wird Wasser über die Hochwasserentlastung abgeführt. Eine zusätzliche Entlastung im Hochwasserfall ist über die Grundablässe möglich, wenn z. B. der Wasserstand in der Talsperre über die untere Höhenkote des Hochwasserschutzraumes steigt. Die Speicherkennlinie und die Charakteristik der Überfallmulde sind in dem Programm hinterlegt. Die Simulation beginnt mit einem vorgegeben Wasserstand im Speicher.

Das Speichermodul kann vereinfacht mit der folgenden Beziehung beschrieben werden:

$$Q_{zu} \cdot \Delta t - Q_{ab} \cdot \Delta t = I(t_2) - I(t_1) \quad (2)$$

mit Q_{zu} mittlerer Zufluss zum Speicher in dem betrachteten Zeitintervall

Q_{ab} mittlerer Abfluss vom Speicher in dem betrachteten Zeitintervall, Entnahmen Leitung 1 und 2, Grundablass, Hochwasserentlastung

Δt Zeitintervall, hier Tag

$I(t_2)$ Speicherinhalt am Ende des betrachteten Zeitintervalls

$I(t_1)$ Speicherinhalt am Anfang des betrachteten Zeitintervalls

Das Energiemodul berechnet die durch die Turbinen T1 und T2 erzeugte Energie

pro Tag. Durch den im Speichermodul ermittelten Wasserstand liegen auch die Entnahmemengen vor, die entsprechend den Vorgaben der Turbine T1 oder beiden Turbinen T1 und T2 zugeführt werden. Sowohl die Turbinenkennfelder als auch die Druckhöhenverluste nach Bild 2 sind in diesem Modul hinterlegt.

Dem Energiemodul liegt die oben schon erwähnte Beziehung zur Leistungsberechnung zugrunde:

$$E = P \cdot \Delta t = \rho \cdot g \cdot \eta \cdot Q \cdot H \cdot \Delta t \quad (3)$$

mit E erzeugte Energie im betrachteten Zeitintervall Δt (Tag)

5 Ergebnisse

5.1 Ermittlung von Entnahmeregeln

Bei den Berechnungen wurden Varianten mit unterschiedlichen Grenzwasserständen, bei deren Über- bzw. Unterschreiten der Turbinendurchfluss erhöht bzw. reduziert wird, betrachtet. Die Ergebnisse von zwei Varianten sollen hier dargestellt werden. Bei der ersten Variante wird angestrebt, einen konstanten hohen Wasserstand im Speicher über das ganze Jahr einzuhalten. Beim Überschreiten dieses Wasserstandes wird die Entnahme gesteigert, beim Unterschreiten reduziert. Bei der zweiten Variante werden zwei Zielwasserstände festgelegt. In Zeiten, wo mit Hochwasser zu rechnen ist, wird ein geringerer Wasserstand angestrebt, der in Hochwasser freien Zeiten erhöht werden kann.

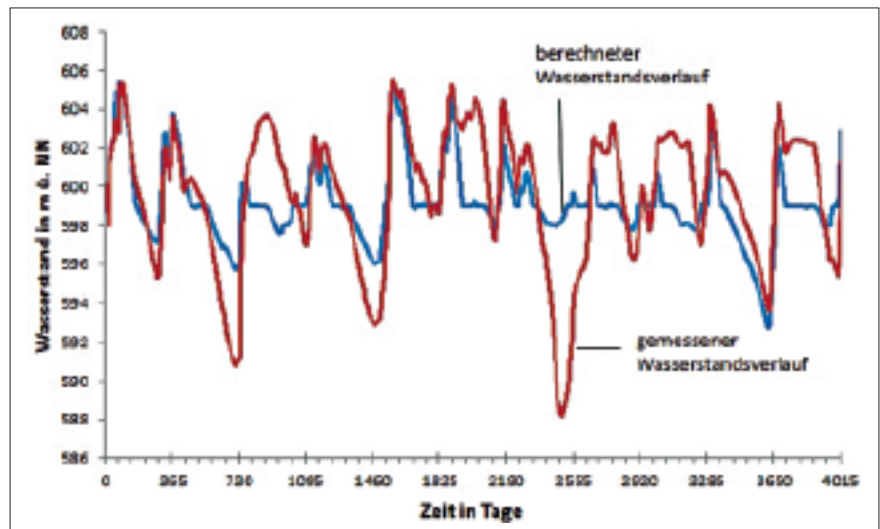


Bild 5: Berechnete und gemessene Wasserstandsganglinien für die Jahre 2002 bis 2012 (Quelle: Autoren)

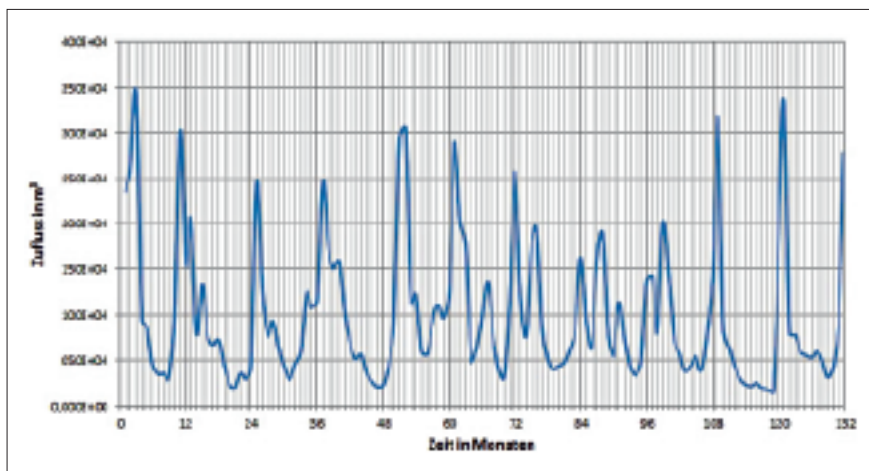


Bild 6: Zuflussganglinie (gemittelte Monatswerte) zur Talsperre für die Jahre 2002 bis 2012 (Quelle: Autoren)

In **Bild 5** sind die berechneten und gemessenen Wasserstandsganglinien für die Jahre 2002 bis 2012 dargestellt. Bei diesen Berechnungen wurde der zusätzliche Tag bei Schaltjahren nicht berücksichtigt. Bei der berechneten Wasserstandsganglinie erfolgte die Entnahme gemäß folgender Wasserstands abhängiger Regel:

- Wasserstand >600 m ü. NN: beide Leitungen entnehmen 900 l/s (Leitung 1 300 l/s, Leitung 2 600 l/s)
- Wasserstand >599 m ü. NN und ≤600 m ü. NN: beide Leitungen entnehmen 800 l/s (Leitung 1 300 l/s, Leitung 2 500 l/s)
- Wasserstand <599 m ü. NN: nur über Leitung 1 wird entnommen, entsprechend dem Trinkwasserbedarf (Hier Annahme zwischen 598 m ü. NN und 599 m ü. NN 300 l/s, <598 m ü. NN 250 l/s.)

Bei der vorgeschlagenen Entnahmeregulierung wurde darauf geachtet, dass die Turbinen möglichst lange in ihrem besten Wirkungsgradbereich eingesetzt werden. Sobald der Wasserstand in der Talsperre die untere Höhe des Hochwasserschutzraums überschreitet, wird eine Grundablassleitung geöffnet.

Mit dieser Betriebsregel können 19,8 GWh/a Strom für die Jahre 2002 bis 2012 erzeugt werden. Dies sind ca. 15 % mehr gegenüber der tatsächlich durch den Zweckverband erzeugten Energie.

In **Bild 6** sind für die Jahre 2002 bis 2012 die monatlichen Zuflüsse zur Talsperre dargestellt. Hieraus wird deutlich, dass mit Hochwasser in den Monaten Januar bis April sowie November und Dezember zu rechnen ist. Diese Annahme deckt sich auch mit den Berechnungen nach [2].

In **Bild 7** werden die Wasserstandsganglinien für eine Entnahmeregulierung dargestellt, in der zwischen Zeiten mit und ohne Hochwassergefährdung unterschieden wird. Die Berechnung erfolgte mit den folgenden Entnahmeregeln:

- Für die Monate Januar bis April sowie für die Monate November und Dezember (hochwassergefährdete Zeiten):
 - Wasserstand >604,5 m ü. NN: beide Leitungen entnehmen 1 050 l/s (Leitung 1 400 l/s, Leitung 2 650 l/s)
 - Wasserstand >602 m ü. NN: beide Leitungen entnehmen 900 l/s (Leitung 1 300 l/s, Leitung 2 600 l/s)
 - Wasserstand >601 m ü. NN und ≤602 m ü. NN: beide Leitungen ent-

nehmen 800 l/s (Leitung 1 300 l/s, Leitung 2 500 l/s)

- Wasserstand <601 m ü. NN: nur über Leitung 1 wird entnommen, entsprechend dem Trinkwasserbedarf (Hier Annahme zwischen 601 m ü. NN und 600 m ü. NN 300 l/s, <600 m ü. NN 250 l/s.)
- Für die Monate Mai bis Oktober:
 - Wasserstand >604,5 m ü. NN: beide Leitungen entnehmen 1 050 l/s (Leitung 1 400 l/s, Leitung 2 650 l/s)
 - Wasserstand >604 m ü. NN: beide Leitungen entnehmen 900 l/s (Leitung 1 300 l/s, Leitung 2 600 l/s)
 - Wasserstand >603 m ü. NN und ≤604 m ü. NN: beide Leitungen entnehmen 800 l/s (Leitung 1 300 l/s, Leitung 2 500 l/s)
 - Wasserstand <603 m ü. NN: nur über Leitung 1 wird entnommen, entsprechend dem Trinkwasserbedarf (Hier Annahme zwischen 603 m ü. NN und 602 m ü. NN 300 l/s, <602 m ü. NN 250 l/s.)

Mit dieser zweiten Entnahmeregulierung kann die Energieerzeugung für den betrachteten Zeitraum von 2002 bis 2012 auf 20,4 GWh/a gesteigert werden. Für die Berechnungen wurde angenommen, dass die Vorreinigung über den gesamten Zeitraum vorhanden war.

Der Zweckverband beabsichtigt, den Entnahmebetrieb nach der zweiten Entnahmeregulierung durchzuführen. Es ist vorgesehen, nach Vorliegen von Betriebserfah-

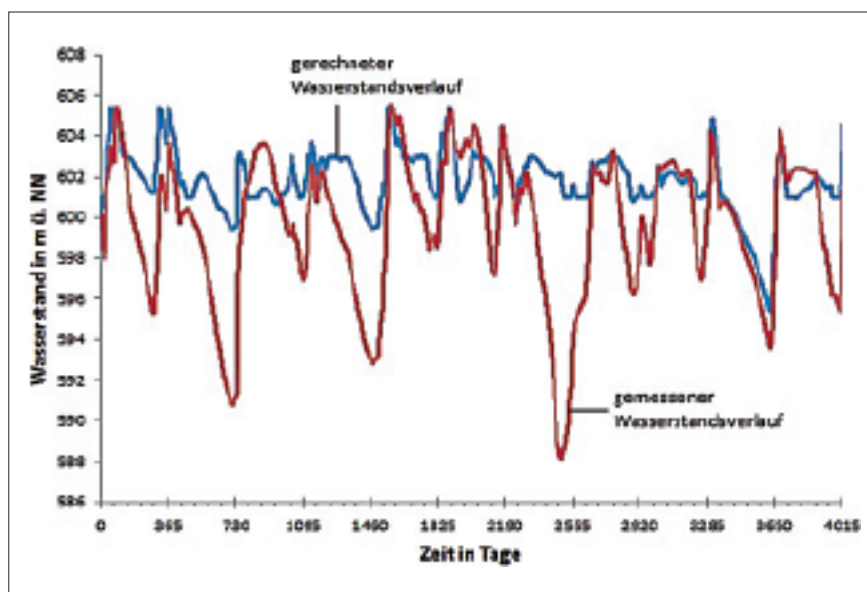


Bild 7: Berechnete und gemessene Wasserstandsganglinien für die Jahre 2002 bis 2012, bei unterschiedlichen Vorgaben für Wasserstände in Zeiten, wo mit bzw. nicht mit Hochwasser zu rechnen ist (Quelle: Autoren)

rungen die Entnahmeregel zu überprüfen und ggf. zu optimieren, insbesondere nach der Anordnung von kleineren Turbinen (s. Abschnitt 5.2).

5.2 Empfehlung zur Anordnung von kleineren Turbinen

Wie zuvor schon erläutert worden ist, kann die Turbine T1 bei Entnahmen im Bereich von 200 l/s bis 450 l/s eingesetzt werden. Durch die vorgeschaltete Vorreinigung und durch den hohen Wasserstand in dem Entspannungsbehälter (Einlaufpumpe) ist die Energieeffizienz der Turbine T1 geringer als die der Turbine T2. Bei geringem Trinkwasserbedarf wird auch die Pflichtwasserabgabe über den Leitungsstrang 1 geführt. Der Einsatz der Turbine T2 sollte erst ab einem Durchfluss von mindestens 300 l/s erfolgen, d. h. dass bei minimaler Beaufschlagung von den Turbinen T1 und T2 mindestens 500 l/s aus der Talsperre entnommen werden müssen.

Die zusätzliche Anordnung von zwei kleinen Turbinen mit einer maximaler Be-

aufschlagung von je ca. 100 l/s kann man die Flexibilität der Entnahme erhöhen und eine Steigerung der Wasserkraftnutzung erreichen. Diese Turbinen können zweckmäßig im Verteilerbauwerk in einer Bypassleitung zur Grundablassleitung installiert werden. Für den vorliegenden Einsatzbereich ergeben sich mit drehzahlgeregelten rückwärtslaufenden Pumpen eine wirtschaftliche Lösung. Für diesen Anwendungsfall ist die Drehzahlregelung zu empfehlen, um die bei dem Betrieb der Talsperre unvermeidlichen Fallhöhen- und Durchflussveränderungen in einem weiten Bereich mit einem guten Wirkungsgrad abzudecken.

Bei kleinem Trinkwasserbedarf (>200 l/s) kann dann die Pflichtwasserabgabe über die neuen Turbinen geführt und somit besser energetisch genutzt werden. Darüber hinaus lassen sich hiermit auch Güteprobleme, wie z. B. das Manganproblem, bei dem bisher aus einer tiefen Schicht Wasser energetisch ungenutzt entnommen werden musste, einfacher be-

werkstelligen. Mit solchen rückwärtslaufenden Pumpen kann man für eine Durchflussspanne von 75 l/s bis 100 l/s und für einen Fallhöhenbereich von ca. 40 m bis 60 m einen Wirkungsgrad von ca. 80 % erreichen. Darüber hinaus kann mit den rückwärtslaufenden Pumpen die maximale Entnahme bei hohen Wasserständen in der Talsperre um 0,2 m³/s auf 1,3 m³/s gesteigert werden.

6 Schlussfolgerung

Es wurden wasserstandsabhängige Entnahmeregelungen für die Talsperre Kleine Kinzig vorgeschlagen. Die erforderliche Entnahme zur Trinkwasseraufbereitung mit der Leitung 1 und der Turbine T1 erfolgt dabei unabhängig vom Wasserstand in der Talsperre. Die Turbine T2 soll erst dann zugeschaltet werden, wenn Grenzwasserstände gemäß der Entnahmeregel überschritten werden. Durch die vorgeschlagenen Entnahmeregelungen kann die Energienutzung der Talsperre um ca. 20 % erhöht werden.

Durch die zusätzliche Anordnung von zwei kleinen Turbinen mit einem maximalen Durchfluss von je 100 l/s kann man die Flexibilität der Entnahme erhöhen und eine weitere Steigerung der Wasserkraftnutzung erreichen. Diese Turbinen können zweckmäßig im Verteilerbauwerk in einer Bypassleitung zur Grundablassleitung installiert werden. Für den vorliegenden Einsatzbereich ergibt sich mit drehzahlgeregelten rückwärtslaufenden Pumpen eine wirtschaftliche Lösung.

Autoren

Dipl.-Ing. Wolfgang Strasser

Ingenieurbüro Alwin Eppler GmbH & Co. KG
Gartenstr. 9
72289 Dornstetten
wolfgang.strasser@eppler.de

Univ. Prof. em. Dr.-Ing.

Hans-B. Horlacher

Hirschlanderstr. 36
71254 Ditzingen
hans-b.horlacher@tu-dresden.de

Literatur

- [1] Eppler, A.: Die Talsperre Kleine Kinzig. Aulendorf/Bergatreute: Verlag Eppe GmbH, 2004.
- [2] Giesecke, J.; Horlacher, H.-B.: Speicheranalyse für die Trinkwassertalsperre Kleine Kinzig. 1991 (unveröffentlicht).

Wolfgang Strasser and Hans-Burkhard Horlacher

Optimization of Hydropower from a Drinking Water Reservoir

The drinking water reservoir Kleine Kinzig in the Black Forest was built between 1978 and 1982 for drinking water supply of cities and communities with about 250 000 inhabitants. The expected increase in the drinking water supply of about 6 million cubic meters in 1982 to about 11 million cubic meters has not even occurred after 30 years of operation. On the part of the association of drinking water supply Kleine Kinzig, the focus is now on optimizing the usage of hydropower. This requires that the usage of turbines and the management of the reservoir have to be revised and appropriate operational rules have to be developed.

Hinweis für die Autoren:

Die Übersetzung ins Russische wird verlagsseitig vorgenommen!