

Dr. rer. nat. Willi Maile, Diplom-Biologe, Attachinger Weg 43, 85356 Freising

**Ergänzendes ökologisches Gutachten
zum Bau einer Kleinwasserkraftanlage
im Josefsthäl,
insbesondere mit der Auswertung
der Meßwehrdaten**

Auftraggeber:

Markt Schliersee
Rathausstraße 1
83727 Schliersee

Freising, den 15. Februar 2001

W. Maile

(Dr. Willi Maile)

**Ergänzendes ökologisches Gutachten
zum Bau einer Kleinwasserkraftanlage im Josefsthäl,
insbesondere mit der Auswertung der Meßwehrdaten**

Inhalt

1	Einführung.....	2
2	Abflußmessungen an der Quellfassung	3
3	Die Meßwehre im Hachelbach	3
3.1	Errichtung und Betrieb der Meßwehre	3
3.2	Ergebnisse.....	4
3.2.1	Höhe der Seitenzuflüsse	4
3.2.2	Mittelwerte der Abflußzunahmen an den Meßwehren	5
3.2.3	Medianwerte der Abflußzunahme	9
4	Die 40-Liter-Regelung.....	10
5	Schlußfolgerungen.....	11
6	Zusammenfassung.....	13
7	Literatur	14
8	Anhang	15
8.1	Meßwehrdaten.....	15
8.2	Abflußganglinien der Hauptquelle des Hachelbachs.....	16

1 Einführung

Eine erste gutachterliche Stellungnahme zum Bau eines Kleinwasserkraftwerks am Hachelbach erfolgte im Juli 1998 (MAILE 1998). Die Recherchen für dieses Gutachten mußten innerhalb weniger Wochen durchgeführt werden und waren daher lückenhaft. Dieser Umstand wurde damals zu Recht als Mangel bezeichnet. Inzwischen konnten zahlreiche neue Daten gesammelt werden, so daß eine zusätzliche Bewertung auf Grund dieser Erkenntnisse zweckmäßig ist. Zu den neuen Aspekten zählen die seit Mai 1998 andauernden Abflußmessungen an der Quellfassung (Kap. 2) sowie die Errichtung zweier Meßwehre, die wertvolle Informationen über die Seitenzuflüsse des Hachelbachs lieferten (Kap. 3). Insbesondere die Höhe dieser Seitenzuflüsse ist für das Abflußregime des Hachelbachs bei einem eventuellen Kraftwerksbetrieb von großer Bedeutung. Ein weiterer neuer Aspekt, der im vorliegenden Gutachten diskutiert werden soll, ist die Einstellung des Kraftwerksbetriebs bei einem Abfluß der Hauptfassung unter 40 l/s (Kap. 4).

Mit Absprache des Ingenieurbüros Sepp wurden einheitliche Bezeichnungen hinsichtlich der Abflußgrößen der Quellhauptfassung des Hachelbachs vereinbart. Als Anhaltspunkte wurden folgende Bereiche festgelegt:

"niederer Abfluß" < 40 l/s	"mittlerer Abfluß" ca. 40 – 80 l/s	"höherer Mittelabfluß" ca. 80 – 150 l/s	"höherer Abfluß" > 150 l/s
-------------------------------	---------------------------------------	--	-------------------------------

2 Abflußmessungen an der Quellfassung

Mit der im Frühjahr 1998 in der Quellfassung installierten Meßeinrichtung wurde der Abfluß der Hauptfassung bis Ende 1999 fortlaufend dokumentiert. Im folgenden wird auf die Ausarbeitung des Ingenieurbüros Sepp (SEPP 1999a) zurückgegriffen, in der die Quellabflüsse vom 01.05.1998 bis 31.10.1999 graphisch übersichtlich dargestellt sind, wobei die geplante Entnahme für das Kraftwerk farblich abgesetzt ist (Anhang 8.2). In dem 1 ½ - jährigem Zeitraum konnten alle typischen, im Hachelbach periodisch auftretenden Abflußverhältnisse aufgezeichnet werden (z.B. Schneeschmelze, Sommergewitter, längere abflußarme Zeiten im Herbst und Winter).

Folgende Aspekte sind den Ganglinien der Hauptfassung (SEPP 1999a, Anhang 8.2) zu entnehmen:

- Die beantragte Wasserausleitung für das Kraftwerk kappt im aufgetragenen Zeitraum an vielen Tagen nur die Hochwasserspitzen von z.T. über 300 l/s. Übersteigt die Quellschüttung die Marke von 105 l/s (= Summe Restwasserabfluß + geplanter Kraftwerksausbau), erreicht sie häufig Werte, bei denen eine Entnahme von 80 l/s nebensächlich ist. Nicht zu vergessen sind die Seitenzuflüsse, die bei derartigen Abflußverhältnissen beachtliche Größen annehmen können (s. Kap. 3.2).
- Dem stehen wochenlange Phasen gegenüber, in denen an der Hauptfassung nur der Restwasserabfluß abgegeben wird. Der Quellabfluß liegt in diesen Zeiten zumeist unter 70 l/s. Dies sind kritische Zeitabschnitte, in denen auch nicht mit wesentlichen Seitenzuflüssen gerechnet werden kann (s. Kap. 3.2).

3 Die Meßwehre im Hachelbach

3.1 Errichtung und Betrieb der Meßwehre

Im Herbst 2000 wurden im Hachelbach zwei Meßwehre installiert, um an diesen Stellen der geplanten Ausleitungsstrecke den jeweiligen Gesamtabfluß des Bachs festzustellen. Damit konnten die Beiträge der Seitenzuflüsse zum Gesamtabfluß des Baches ermittelt werden, ein wichtiger Faktor für das Abflußregime des Baches beim Kraftwerksbetrieb.

Die beiden Meßwehre (Abb. 1) waren an aussagekräftigen Stellen errichtet. Das obere Wehr lag unterhalb der alten Wehranlage, die 1906 - 1912 für einen Kraftwerksbetrieb genutzt wurde. Das untere Meßwehr wurde unterhalb des Josefsthaler Wasserfalls errichtet, also knapp oberhalb der geplanten Wiedereinleitung des Betriebswassers in Josefthal. Dadurch konnte sowohl der Gesamtabfluß aller Seitenzuflüsse in der geplanten Ausleitungsstrecke ermittelt werden, als auch die Summe der Abflüsse im oberen Abschnitt des Hachelbachs, der besonders durch eine eventuelle Wasserausleitung gefährdet wäre. Die Meßwehre waren stabil verankert und entsprechend abgedichtet. Es wird davon ausgegangen, daß die gewonnenen Daten nur geringe Abweichungen von den tatsächlichen Verhältnissen zeigen und glaubwürdige Angaben liefern. Details zu den Meßwehren können der Ausarbeitung von SEPP (2001) entnommen werden.

Die Meßwehre waren von September bis Dezember 2000 in Betrieb. Sie wurden von Herrn Eckmair (Wassermeister im Bauhof Neuhaus) betreut und im Zeitraum 21.09. – 17.12.2000 abgelesen. In dieser Zeit war der Boden nicht gefroren. Meßwehr-Daten gibt es von insgesamt 41 Tagen. Auf diesen Daten basiert die vorliegende Auswertung. Diese Datensammlung ist

zwar nicht sehr umfassend, doch ist es dennoch auf Grund der sehr unterschiedlichen Abflußverhältnisse möglich, aussagekräftige Tendenzen aufzuzeigen.



Abb. 1: Das obere Meßwehr an der Stockeralm (links) und das untere Meßwehr in Josefsththal (rechts), aufgenommen am 29.09.2000.

Die an den Meßwehren ermittelte Abflußzunahme des Hachelbachs (= Summe der Zuflüsse) enthält neben den jeweiligen Seitenbächen auch die Schüttung der Sekundärquelle neben der Hauptfassung ($3 - 7 \text{ l/s}$) sowie zeitweise den natürlichen Quellüberlauf, der ab einer Schüttung der Hauptfassung $> 85 \text{ l/s}$ anspringt (SEPP 1999c). Der Anteil der einzelnen Abflußbestandteile an den Meßwehr-Abflüssen kann jedoch nicht genau quantifiziert werden, da sich der Abfluß im Bachverlauf sowohl erhöht (Seitenbäche) als auch durch natürlichen Schwund verringert, und zwar durch Versickerung und Verdunstung (vor allem an den Wasserfällen). Der Schwund ist in den Sommermonaten sicher wesentlich höher als zur Zeit der Messung. Allgemein kann jedoch davon ausgegangen werden, daß der Anteil der Sekundärquelle an den Meßwehrabflüssen bei niedriger Quellschüttung durchaus von Belang ist, während er, mit steigendem Abfluß der Hauptquelle, bis zur praktischen Bedeutungslosigkeit sinkt.

3.2 Ergebnisse

3.2.1 Höhe der Seitenzuflüsse

Im Anhang (Kap. 8.1) befindet sich eine Tabelle aller Meßwehrdaten. Man erkennt anhand dieser Werte, daß die Quellfassung zu Beginn der Meßreihe einen erhöhten Abfluß führte; maximal wurden 250 l/s ermittelt (22.09.2000). Ab Ende Oktober herrschte jedoch durchgehend eine Niedrigwasserphase (minimale gemessene Quellschüttung am 09.12.2000: 28 l/s).

Die Meßwehrdaten lassen folgende allgemeine Tendenzen erkennen:

- Die Seitenzuflüsse pendeln sich bei einem Rückgang der Quellschüttung erst nach einer "Nachlaufzeit" von z.T. einigen Tagen auf ein niederes Niveau ein. Dies resultiert möglicherweise aus einem höheren Wasserrückhaltevermögen der Böden der Seitenzuflüsse im Vergleich zu denen des Einzugsbereichs der Quellfassung oder aus einem größeren Einzugsgebiet der Seitenzuflüsse.
- Bei der Erhöhung der Quellschüttung auf Grund von Niederschlägen ist ein verzögertes Anspringen der Seitenbäche weniger deutlich zu erkennen.

Diese Effekte können auch der graphischen Auswertung des Ingenieurbüros Sepp (SEPP 2001) entnommen werden. Es ist anzunehmen, daß es dabei jahreszeitlich bedingte Unterschiede gibt.

In Abb. 2 sind die Datentriplets der gemessenen Abflüsse im Bachverlauf von der Quellfassung über das Meßwehr Stockeralm bis zum Meßwehr Josefsthau aufgetragen. Man erkennt, daß die Abflußzunahmen durch die Seitenbäche (einschließlich der Sekundärquelle) bei Quellschüttungen (Hauptfassung) bis 50 l/s relativ niedrig sind. In abflußreichen Zeiten dagegen übersteigt die Summe der Zuflüsse die Höhe der Quellschüttung um ein Vielfaches.

In der vergrößerten Darstellung der Abflußverhältnisse des Hachelbachs bis 100 l/s (Hauptfassung) in Abb. 3 ist dieser Aspekt noch deutlicher zu sehen. In einigen Fällen steigen jedoch die Abflußwerte im Bachverlauf auch bei einem Quellabfluß unter 50 l/s stark an. Dies sind Datenreihen von "Nachlaufzeiten", in denen der Abfluß der Hauptfassung, im Gegensatz zu denen der Seitenbäche, nach einer Regenperiode bereits wieder zurückgegangen war. Bei Abflüssen der Hauptfassung über 75 l/s pendelt sich die Summe der Zuflüsse generell auf ein höheres Niveau ein, eine Tendenz, die bereits bei den knapp darunter liegenden Größen zu erkennen ist. Einen wesentlichen Beitrag liefert bei derartigen Verhältnissen der Quellüberlauf.

Als minimale Abflüsse wurden am Wehr Stockeralm 32 l/s gemessen, am Wehr Josefsthau 45 l/s (jeweils 17.12.2000). Die ermittelten Höchstwerte (jeweils 22.09.2000) lagen bei 685 l/s (Stockeralm) und > 1100 l/s (Josefsthau). Beide Meßergebnisse können bei extremen Niedrig- bzw. Hochwasserereignissen sicher noch unterschritten werden. Die allgemeine Tendenz der Seitenzuflüsse (in niederschlagsarmen Zeiten beständig, aber nicht sehr ergiebig; in niederschlagsreichen Perioden deutlich erhöht) verhält sich so, wie sie bereits vom Ingenieurbüro A. Sepp im Bewilligungsantrag für die Wasserkraftanlage prognostiziert wurde (SEPP 1999b). SEPP schätzte damals den Mindestabfluß am Ende der geplanten Ausleitungsstrecke (= Meßwehr Josefsthau) auf ca. 45 – 50 l/s.

3.2.2 Mittelwerte der Abflußzunahmen an den Meßwehren

Abb. 4 zeigt die durchschnittlichen prozentualen Abflußzunahmen an den Meßwehren gegenüber der jeweiligen Quellschüttung (Hauptfassung). Bis zu Quellschüttungen von 100 l/s wurde in Teilschritten von 25 l/s vorgegangen, danach von 50 l/s. Kleinere Abstufungen würden zwar eine genauere Auswertung der Abflußsituation ermöglichen, waren jedoch auf Grund der beschränkten Anzahl an Daten nicht möglich. Anhand der Übersicht in Abb. 4 können dennoch aussagekräftige Schlüsse gezogen werden.

Meßwehr Stockeralm:

Bei Abflüssen der Hauptfassung von 26 - 50 l/s (und > 150 l/s) variiert die Höhe der Seitenzuflüsse bzw. die Summe aller Zuflüsse sehr stark. Eine geringe Quellschüttung ist dabei oft mit relativ niedrigen Seitenzuflüssen gekoppelt. An zwei Tagen (10.11. und 09.12.2000) betrug die Abflußzunahme im oberen Bachabschnitt bis zum Meßwehr Stockeralm (bei Berücksichtigung von 3 l/s für die Sekundärquelle) lediglich 5 l/s (wobei anzunehmen ist, daß auch noch niedrigere Werte auftreten können). Erfahrungsgemäß gelangt der Großteil davon erst kurz oberhalb des Meßwehres in den Bach, und zwar aus den Weiden der Stockeralm.

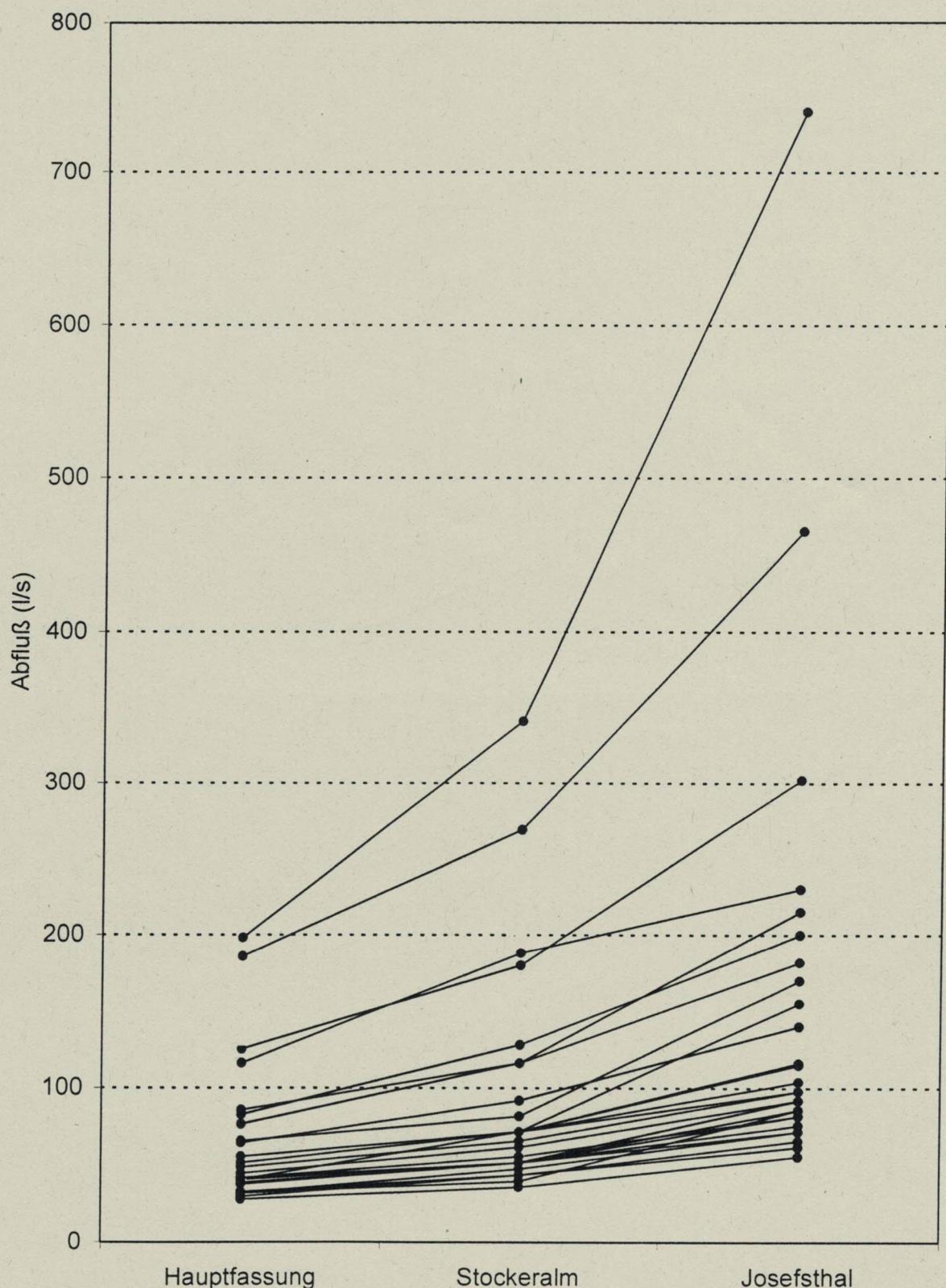


Abb. 2: Darstellung der an den Meßwehren ermittelten Abflüsse im Bachverlauf von der Hauptfassung (ohne Sekundärquelle und Quellüberlauf) über das Meßwehr an der Stockeralm zum Meßwehr in Josefsthal.

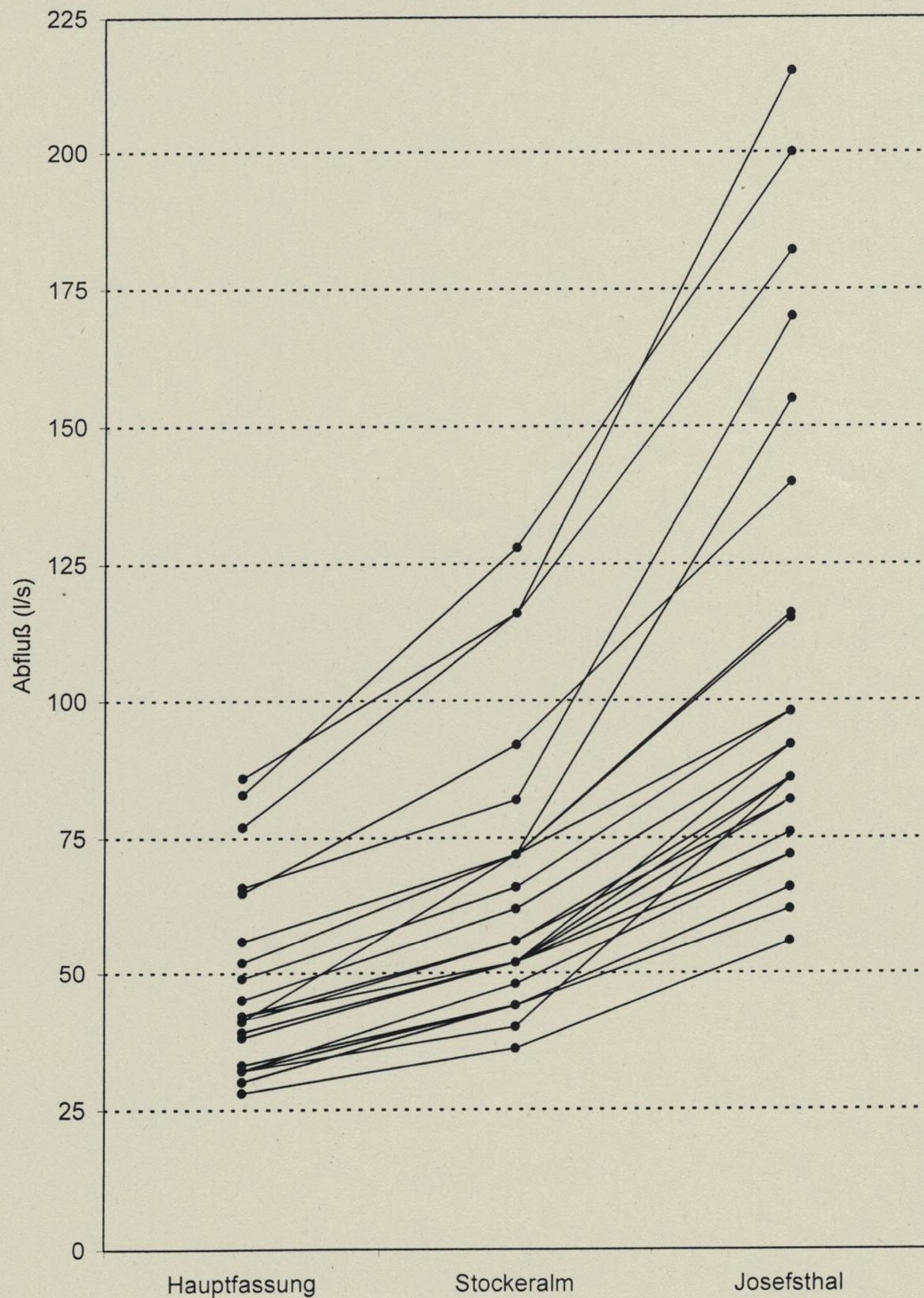


Abb. 3

Vergrößerte Darstellung der an den Meßwehren ermittelten Abflußwerte im Bachverlauf bis zu einem Abfluß der Hauptfassung (ohne Sekundärquelle und Quellüberlauf) von 100 l/s.

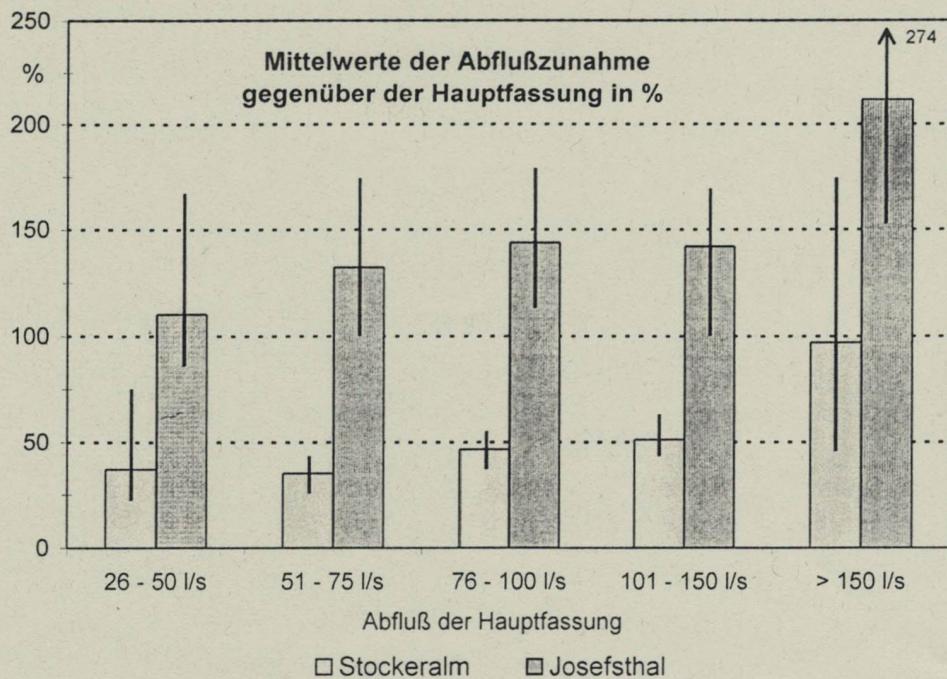


Abb. 4: Durchschnittliche prozentuale Abflusszunahme im Bachverlauf gegenüber der Hauptfassung (ohne Sekundärquelle und Quellüberlauf), gemessen an den Meßwehren an der Stockeralm und in Josefthal. Die Spannweite der jeweiligen Meßdaten ist durch Striche markiert. Quellabflüsse unter 26 l/s wurden im Meßzeitraum nicht registriert.

Oberhalb dieser Weideflächen sind die Seitenzuflüsse in Niedrigwasserzeiten offensichtlich marginal. Daneben gibt es, einschließlich $Abfluss_{Sekundärquelle}$, auch zahlreiche Abfluss erhöhungen um 9 – 15 l/s. Das Maximum wurde am 08.11.2000 ermittelt: Bei einer Quellschüttung von 41 l/s erreichten die Zuflüsse (einschließlich $Abfluss_{Sekundärquelle}$) 31 l/s (= 75,6 % der Hauptfassung).

Bei Abflüssen der Hauptfassung von 51 – 75 l/s stagniert die durchschnittliche Abflusszunahme auf dem niedrigen Niveau der Quellabflüsse von 26 – 50 l/s, zeigt aber wesentlich geringere Schwankungen der Extremwerte. Bei Schüttungen der Hauptfassung zwischen 76 l/s und 150 l/s pendeln sich die durchschnittlichen Zuflüsse auf ca. 50 % des Quellabflusses ein, auch hier mit geringen Schwankungen. Bei Quellschüttungen über 150 l/s verdoppelt sich im Durchschnitt der Abfluß im Laufe des besagten Bachabschnitts durch die Summe der Zuflüsse. Die Schwankungen sind hier allerdings sehr hoch: Sie liegen zwischen 44,6 und 174 % (Tab. 1).

Fazit: Bei Schüttungen der Hauptfassung < 75 l/s sind die Seitenzuflüsse im oberen Teil der geplanten Ausleitungsstrecke oft sehr gering. Lokale negative Auswirkungen durch die Abflussreduzierung des geplanten Kraftwerkbetriebs sind in diesem Bereich auf Dauer nicht auszuschließen.

Tab. 1: Statistische Daten der Abflußzunahme in Prozent an den Meßwehren der Stockeralm und in Josefsthral gegenüber der jeweiligen Schüttung der Hauptfassung (Q_{Quelle} ; jeweils ohne Sekundärquelle und Quellüberlauf).

Q_{Quelle} (l/s)	Abflußzunahme am Wehr Stockeralm (%)					Abflußzunahme am Wehr Josefsthral (%)				
	26-50	51-75	76-100	101-150	> 150	26-50	51-75	76-100	101-150	> 150
Mittelwert	36,9	35,0	46,6	51,2	96,9	110,4	132,4	143,9	142,2	211,9
Medianwert	34,0	38,5	50,6	49,3	72,2	104,4	122,2	141,0	150,6	211,9
Minimum	23,8	24,2	34,9	44,0	44,6	84,6	100,0	111,6	98,3	150,0
Maximum	75,6	41,5	54,2	62,1	174,0	168,8	176,8	179,2	169,3	273,7

Meßwehr Josefsthral:

Die durchschnittlichen Abflußzunahmen (gegenüber der Hauptfassung) betragen zwischen 110,4 % und 211,9 %. Nur an 5 Tagen des Meßzeitraums lag der Wert unter der doppelten Quellschüttung (= 100 %). Als oberer Extremwert wurde ein Abfluß > 1100 l/s registriert, bei einer Quellschüttung von 250 l/s (22.09.2000). Auch hier steigen die durchschnittlichen prozentualen Abflußzunahmen bis zu einer Schüttung der Hauptfassung von 75 l/s an, um sich, wie beim Meßwehr an der Stockeralm, zwischen 76 l/s und 150 l/s (Hauptfassung) auf ein Plateau einzupendeln (hier: ca. 143 %). Bei Abflüssen der Hauptfassung > 150 l/s steigt die Summe der Zuflüsse weiter stark an.

Fazit: Am Meßwehr Josefsthral wurden naturgemäß wesentlich höhere Abflußzunahmen gemessen als an der Stockeralm. Das Bachbett ist in diesem Abschnitt der geplanten Ausleitungsstrecke auch wesentlich breiter. Bei Schüttungen der Hauptfassung unter ca. 50 l/s können sich auch hier bei einem Kraftwerksbetrieb negative Auswirkungen zeigen. Besonders gefährdet sind ein Bachabschnitt mit starker Bettverbreiterung und hoher Sonneneinstrahlung sowie zwei relativ breite Wasserfälle, die einer ausreichenden Benetzung bedürfen.

3.2.3 Medianwerte der Abflußzunahme

Zusätzlich zu den Mittelwerten sollen hier auch die Medianwerte (oder Zentralwerte) der prozentualen Abflußzunahmen diskutiert werden. Der Mittelwert (Kap. 3.2.2) stellt als Durchschnittswert das arithmetische Mittel aus allen Einzeldaten dar und kann daher durch das Auftreten von nur wenigen Extremwerten (nach oben oder nach unten) verfälscht werden. Dagegen werden beim Medianwert alle Einzeldaten der Größe nach angeordnet und davon dann die Mitte bestimmt. Die Medianwerte geben daher im vorliegenden Fall zutreffender als die Mittelwerte an, mit welcher Abflußzunahme häufig zu rechnen ist (Abb. 5).

Meßwehr Stockeralm:

Die Auswirkung der stark schwankenden Seitenbäche tritt bei einer Schüttung der Hauptfassung von 26 – 50 l/s besonders deutlich hervor: Einem niedrigen, aber relativ häufig auftretendem Medianwert (34 % Abflußzunahme) stehen hohe Extremwerte (bis 75,6 % Abflußzunahme) gegenüber. Prägnanter als beim Mittelwert (Kap. 3.2.2) ist beim Medianwert auch das zwischen 76 l/s und 150 l/s (Hauptfassung) erreichte Plateau von ca. 50 % Abflußzunahme zu erkennen. Dagegen ist der Medianwert der Zuflüsse ab 150 l/s (Hauptfassung) deutlich niedriger als der Mittelwert. Hier gilt, daß zwar Zuflusschwankungen zwischen 44,6 und 174 % gemessen wurden, am häufigsten jedoch eine Zunahme um ca. 72 % zu verzeichnen war.

Meßwehr Josefsthhal:

Im Vergleich zu den Mittelwerten zeigen die Medianwerte kein Plateau zwischen 76 l/s und 150 l/s (Hauptfassung) sondern einen kontinuierlichen Anstieg. Dies ist in der Regel offensichtlich die realistischere Situation im Hachelbach.

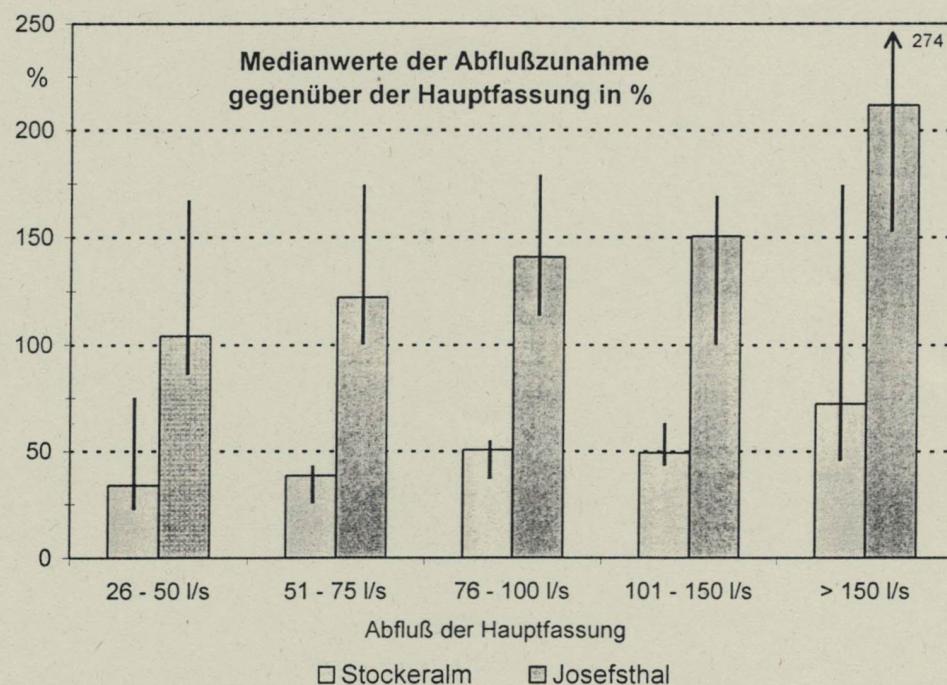


Abb. 5: Medianwerte der prozentualen Abflußzunahmen im Bachverlauf gegenüber der Hauptfassung (ohne Sekundärquelle und Quellüberlauf), gemessen an den Meßwehren an der Stockeralm und in Josefsththal. Die Spannweite der jeweiligen Meßdaten ist durch Striche markiert. Quellabflüsse unter 26 l/s wurden im Meßzeitraum nicht registriert.

Fazit: Die Auswertung der Medianwerte bekräftigt in allen Aspekten die Schlußfolgerungen aus den Mittelwerten. Die Medianwerte zeigen deutlicher als die Mittelwerte, daß die Seitenzuflüsse (nach den bisherigen Ergebnissen) ab einer Quellschüttung von ca. 75 l/s (= ca. MQ des Hachelbachs; SEPP 1999b) adäquate und stabile Werte erreichen, um die Lebensgemeinschaft des Hachelbachs bei einem eventuellen Kraftwerksbetrieb dauerhaft vor jeglicher Beeinträchtigung zu schützen.

4 Die 40-Liter-Regelung

Bei einer Besprechung mit Bürgermeister Scherer (Gemeinde Markt Schliersee), Dipl.-Ing. Sepp (Kraftwerksplaner) und dem Verfasser des vorliegenden Gutachtens kam der Vorschlag der 40-Liter-Regelung auf. Diese Regelung besagt, daß der Betrieb des geplanten Kraftwerks erst ab einem Quellabfluß (Hauptfassung ohne Sekundärquelle) von über 40 l/s aufgenommen wird. Dabei wird die Turbine bei verfügbaren Kraftwerksabflüssen unter 15 l/s (bisher 7 l/s) abgeschaltet und das gesamte zur Verfügung stehende Wasser verbleibt im Bach. Steigt der Abfluß der Hauptfassung wieder über 40 l/s, tritt die Restwasserregelung in Kraft und der Ab-

fluß im Bach summiert sich aus folgenden Anteilen: 25 l/s (Hauptfassung) + Sekundärquelle + Seitenzuflüsse + evtl. natürlicher Speicherüberlauf.

Die Auswirkungen der 40-Liter-Regelung auf das Abflußregime des Hachelbachs bei Kraftwerksbetrieb sind im Anhang 8.2 anhand von Ganglinien (Sepp 2001) zu erkennen. Ein statistischer Vergleich zur bisherigen Restwasserregelung ist in Abb. 6 dargestellt. Als Grundlage für diese Berechnung dienten die Abflußmessungen an der Hauptfassung im Zeitraum 01.05.1998 – 31.10.1999 (= 549 Tage; SEPP 1999a). Demnach verbleibt mit der 40-Liter-Regelung ungefähr an doppelt so vielen Tagen der gesamte Abfluß im Hachelbach als bei der bisherigen Restwasserregelung. An 120 Tagen (= 22 %) des erfaßten Zeitraums wäre die Turbine des geplanten Kraftwerks stillgestanden. An zusätzlich 160 Tagen (= 29 %) hätten Hochwasserspitzen dem Bach eine erhöhte Abflußdynamik gebracht, wobei die Wasserentnahme für den Kraftwerksbetrieb häufig keine Auswirkung auf die Ökologie gezeigt hätte.

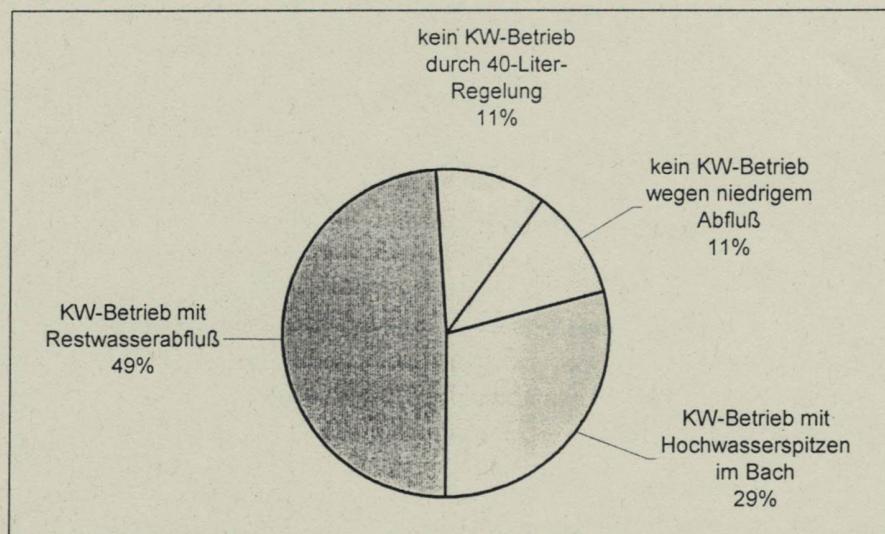


Abb. 6: Abflußverhältnisse im Hachelbach bei einem geplanten Kraftwerksbetrieb mit der 40-Liter-Regelung. Basis: Abflußmessungen der Hauptfassung 01.05.1998 – 31.10.1999 (SEPP 2001).

An ungefähr der Hälfte aller Tage wäre ein Kraftwerksbetrieb mit Restwasserabfluß erfolgt. Während dieser Zeit hätte der Bach jedoch an ca. 100 Tagen nach dem Abklingen der Hochwasserspitzen vom "Nachlaufen" ergiebiger Seitenbäche profitiert. In den restlichen ca. 30 % des erfaßten Zeitraums wird (z.T. wochenlang) nur der Restwasserabfluß an der Hauptfassung abgegeben, wobei die stark schwankenden Seitenzuflüsse häufig nur eine geringe Schüttung aufweisen. Diese Zeiträume werden von natürlichen Niedrigwasserzeiten unterbrochen, in denen nach der neuen Regelung bis zu 40 l/s im Bach verbleiben.

5 Schlußfolgerungen

Die Auswertung der Ganglinie der gefaßten Hauptquelle im Zeitraum 01.05.1998 – 31.10.1999 (SEPP 1999a) zeigt, daß beim geplanten Kraftwerksbetrieb Perioden mit z.T. sehr hohen Abflußspitzen immer wieder von längeren Zeiträumen unterbrochen werden, in denen an der Hauptfassung nur der Restwasserabfluß (+ evtl. der Überlauf des Quellspeichers) ins Bachbett

abgegeben wird, während bis zu 80 l/s zum geplanten Kraftwerk fließen. Diese, nach bisherigen Vorgaben für den Hachelbach ungünstige Situation wird durch zwei neue Aspekte deutlich verbessert. Dies sind die sehr ergiebigen Seitenzuflüsse bei erhöhtem Quellabfluß und die 40-Liter-Regelung.

Die Auswirkungen der Abflußreduzierung im Hachelbach bei einem Kraftwerksbetrieb mit Restwasserregelung können durch die Seitenbäche allerdings nicht vollständig ausgeglichen werden. Dafür sind sie bei Quellabflüssen (Hauptfassung) < 75 l/s zu instabil und zu unergiebig. Besonders im oberen Drittel der geplanten Ausleitungsstrecke (oberhalb der Stockeralm) ist der Beitrag der Seitenzuflüsse in längeren Phasen mit niedrigen bis mittleren Quellabflüssen marginal. Er bewegt sich in Größenordnungen, wie sie bereits beim Restwasservorschlag vom Juli 1998 (MAILE 1998) einkalkuliert wurden. Erst bei einer Quellschüttung (Hauptfassung) von über ca. 75 l/s kann mit einem derart kontinuierlichen und nachhaltigen Beitrag der Seitenbäche zur Wasserführung des Hachelbachs gerechnet werden, um die Auswirkungen eines Kraftwerkbetriebs auszugleichen.

Trotzdem sorgen bei einem Kraftwerksbetrieb die Seitenzuflüsse, in Verbindung mit den Hochwasserspitzen und dem natürlichen Quellüberlauf häufig für einen ausreichenden Abfluß im Hachelbach. Dies gilt auch für die den Hochwasserspitzen nachfolgenden Tage, an denen der Abfluß an der Hauptfassung auf unter 105 l/s sinkt und damit nur der Restwasserabfluß in den Bach abgegeben wird. Durch die Nachlaufzeit der Seitenbäche wird dann für einige zusätzliche Tage eine zufriedenstellende Abflußdynamik im Hachelbach beibehalten.

Ein weiterer neuer positiver Aspekt ist die 40-Liter-Regelung. Bei konsequenter Anwendung dieser Maßnahme wird das geplante Kraftwerk bei niedrigen Quellabflüssen generell abgeschaltet, was ungefähr doppelt so viele Stillstandstage bedeuten würde als bisher erwartet. Dadurch würde an ca. $\frac{1}{4}$ der Zeit der gesamte Abfluß im Bach verbleiben. Da es sich dabei um Quellabflüsse unter 40 l/s (mit relativ niedrigen Seitenzuflüssen) handelt, wäre dies eine deutliche Verbesserung der Situation im Vergleich zur bisherigen Planung. Trotzdem gibt es immer noch längere Zeitabschnitte, in denen durch den geplanten Kraftwerksbetrieb dem Hachelbach ein spürbarer Teil des natürlichen Abflusses entzogen wird, wobei negative Auswirkungen auf den Bach zu befürchten sind.

Allgemein kann vermerkt werden, daß die durch einen Kraftwerksbetrieb künstlich verlängerten Niedrigwasserphasen ungünstige Verhältnisse für die Ökologie des Hachelbachs darstellen. Derart niedrige (und sogar wesentlich extremere) Wasserstände treten jedoch sowohl im Hachelbach als auch in anderen natürlichen Gebirgsbächen kurzzeitig immer wieder auf und gehören zum natürlichen Abflußregime. Allerdings muß davon ausgegangen werden, daß die Organismen bei längeren künstlichen Niedrigabflüssen (durch Kraftwerksbetrieb) genauso beeinträchtigt werden, wie dies bei langanhaltenden Trockenheiten der Fall wäre. Kommen derartige relativ seltene Ereignisse natürlicherweise in Gebirgsbächen vor, führen sie jedoch selten zu Totalverlusten, d.h. zur Zerstörung des Ökosystems oder zum Aussterben einzelner Arten (Anders ist es bei Gebirgsbächen der Felsregion, die teilweise mehrmals jährlich oberflächlich völlig trockenfallen, wobei es nur im feuchten Kiesbett eine Überlebensmöglichkeit gibt. Diese Bäche weisen von Natur aus nur eine geringe Artenvielfalt auf. Nur wenige Spezialisten bzw. Entwicklungsstadien sind diesen extremen Bedingungen gewachsen. Der Hachelbach gehört aber nicht zu diesem Gewässertyp.).

Bei einem Kraftwerksbetrieb am Hachelbach mit dem geplanten Restwasserabfluß und der 40-Liter-Regelung ist daher nach den bisherigen Erkenntnissen (und soweit das Artenspektrum bekannt ist) nicht mit dem Aussterben einzelner Arten zu rechnen. In manchen

Abschnitten der geplanten Ausleitungsstrecke wird der vorgeschlagene Mindestabfluß keine oder kaum erfaßbare negative Auswirkungen zeigen. Allerdings gibt es auch kritische Bereiche (z.B. die Wasserfälle, stark verbreiterte Abschnitte, Bereiche mit starker Sonneneinstrahlung), in denen bei spezialisierten Arten auf Dauer eine Verkleinerung, d.h. eine Einengung des Lebensraums zu befürchten ist. Durch die 40-Liter-Regelung und der z.T. sehr ausgiebigen Zuflüsse dürften potentielle negative Auswirkungen eines Kraftwerksbetriebs jedoch geringer ausfallen als bisher angenommen. Die daraus resultierende Veränderungen werden auch ein geringeres Ausmaß annehmen. Sie werden aller Wahrscheinlichkeit nach nicht schlagartig und großflächig, sondern eher kleinräumig und in schlechender Weise auftreten. Dies zu erkennen und gegebenenfalls durch Anhebung des Restwasserabflusses zu verhindern, ist die Aufgabe des vorgeschlagenen 3-jährigen Probefahrts. Zusätzlich wird empfohlen, auch nach diesem Zeitraum den Bach auf diesbezügliche Veränderungen hin kritisch zu beobachten.

6 Zusammenfassung

Die Aufzeichnungen der Ganglinie der gefäßten Hauptquelle stellen wertvolle Informationen hinsichtlich des natürlichen Abflußregimes des Hachelbachs dar. Die Ausarbeitung des Ingenieurbüros Sepp (SEPP 1999a) bietet zudem eine gute Planungsgrundlage.

Durch die im Hachelbach installierten Meßwehre war eine ausreichende Bewertung der Seitenzuflüsse möglich. Es wird jedoch angenommen, daß die Schwankungsbreiten der Abflußwerte nach unten und nach oben höher sind als der erfaßte Bereich.

Die Auswirkungen der Seitenzuflüsse in der geplanten Ausleitungsstrecke des Hachelbachs müssen unterschiedlich beurteilt werden. Bei höheren Abflüssen (ca. $> 75 \text{ l/s}$) der Hauptfassung der Quelle kann, zusammen mit den Schüttungen aus der Sekundärquelle und dem Quellüberlauf, mit stabilen und z.T. sehr ergiebigen Zuflüssen gerechnet werden. Ein Kraftwerksbetrieb, der eine Wasserentnahme nur bei Quellschüttungen (Hauptfassung) $> 75 \text{ l/s}$ vorsieht, wäre voraussichtlich ohne jede Beeinträchtigung der Ökologie möglich.

Bei Abflüssen der Hauptfassung unter ca. 75 l/s sind die Seitenbäche großen Schwankungen unterworfen mit teilweise sehr geringem Abfluß. Diese Verhältnisse (niedere bis mittlere Quellabflüsse) stellen den kritischen Bereich für den geplanten Kraftwerksbetrieb dar. Durch die neue 40-Liter-Regelung wird diese Situation deutlich entschärft, da jetzt an ungefähr doppelt so vielen Tagen der gesamte Quellabfluß im Bach verbleibt als bei der bisherigen Planung. Außerdem sorgen die zusätzlichen Zuflüsse (Sekundärquelle, Seitenbäche, Quellüberlauf) noch einige Tage nach dem Abklingen von Hochwasserspitzen für eine Verlängerung der erhöhten Abflußdynamik. Dadurch verringern sich die reinen Restwasserphasen im Bach zu Gunsten natürlicherer Verhältnisse.

Trotzdem kann es immer noch kraftwerksbedingt zu längeren Phasen mit niedrigen Abflüssen und einer unzureichenden Abflußdynamik kommen. Besonders in kritischen Bachabschnitten (z.B. Wasserfälle, stark verbreiterte Abschnitte, Bereiche mit starker Sonneneinstrahlung), aber auch durch Einflüsse aus dem Weidebetrieb (z.B. Verschlammung infolge von Eutrophierung), sind negative Auswirkungen der Wasserableitung nicht auszuschließen. Es wäre die Aufgabe der geplanten, den Kraftwerksbetrieb begleitenden 3-jährigen Untersuchungsphase, speziell derartige Problembereiche sorgfältig zu beobachten und gegebenenfalls mit einer Erhöhung des Mindestabflusses zu reagieren. Um eventuelle längerfristige Veränderungen zu erfassen, sollte der Bach auch danach unter fachkundiger Beobachtung stehen.

Der Hachelbach wird bei einem Kraftwerksbetrieb sicher Veränderungen unterliegen. Werden die geplanten Kontrollen und die Kompensationsmöglichkeit (eventuelle Restwassererhöhung) jedoch konsequent durchgeführt, wird die derzeitige Lebensgemeinschaft des Baches weitgehend erhalten bleiben.

7 Literatur

- Maile, W. (1998): Ökologisches Gutachten zum Bau einer Kleinwasserkraftanlage im Josefthal. Gemeinde Markt Schliersee, 64 S.
- Sepp, A. (1999a): Ganglinie der gefäßten Hauptquelle des Hachelbachs. Gemeinde Markt Schliersee.
- Sepp, A. (1999b): Antrag auf Bewilligung einer Wasserkraftanlage. Gemeinde Markt Schliersee, 22 S.
- Sepp, A. (1999c): Ergänzende Angaben zum Bewilligungsantrag der Wasserkraftanlage Stockeralpe der Marktgemeinde Schliersee vom 24. Februar 1999. Gemeinde Markt Schliersee, 4 S.
- Sepp, A. (2001): Auswertung der Abflußmessungen zweier provisorischer Meßwehre im oberen Hachelbach/Gemeinde Markt Schliersee (Zeitraum: September 2000 bis Dezember 2000). Gemeinde Markt Schliersee, 5 S.