

**MITTEILUNGEN ZUM
GEWÄSSERSCHUTZ**

NR. 24

Restwassermengen in Fließgewässern

**Wasserentnahmen,
die insbesondere der
Bewässerung dienen**

**Konzept des Kantons Bern zur Sicherstellung
angemessener Restwassermengen infolge
Gebrauchswasserentnahmen
(Bewässerung, Industrie, usw.)**

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)
*Das BUWAL ist ein Amt des Eidg. Departements für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK)*

Verfasser

BALZARI&SCHUDEL AG
Ingenieure und Planer
Muristrasse 60
3006 Bern

P.G. Dändliker, dipl. Ing. ETHZ

Auftraggeber

Wasser- und Energiewirtschaftsamt
des Kantons Bern (WEA)
Reiterstrasse 11
3011 Bern

F. Berdat, dipl. Ing. ETHZ

Begleitung BUWAL

Abteilung Gewässerschutz und Fischerei:
Peter Michel, dipl. Ing. ETHZ
Remy Estoppey, ing. dipl. EPFL

Landeshydrologie und -Geologie:
Hugo Aschwanden, Dr. phil. nat.

Abteilung Recht:
Siegfried Lagger, lic. iur.

Download PDF

www.umwelt-schweiz.ch/publikationen
(eine gedruckte Fassung ist nicht erhältlich)
Code: MGS-24-D

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	5
1. Zusammenfassung.....	7
2. Rechtsgrundlagen.....	9
2.1 Eidgenössische Grundlagen.....	9
2.2 Grundlagen des Kantons Bern.....	9
2.3 Angemessene Restwassermenge.....	10
A) Mindestrestwassermenge.....	10
B) Erhöhung der Mindestrestwassermenge.....	10
2.4 Berichterstattung gemäss Artikel 33 Absatz 4 GSchG.....	10
2.5 Verfahren.....	11
A) Grundsatz.....	11
B) Konzessionen des Kantons.....	11
C) Bewilligungen der Gemeinden.....	11
3. Begriffe.....	13
4. Umsetzung.....	15
4.1 Entnahmen mit festen / mobilen Einrichtungen.....	15
4.2 Nutzung.....	15
A) Feste Anlagen.....	16
B) Mobile Anlagen.....	16
4.3 Abflussmengenbestimmungen anhand von Messungen im Feld.....	17
A) Hilfsmittel.....	17
B) Auswertung der Messungen.....	17
4.4 Abflussmengenbestimmungen anhand von mathematischen Modellen.....	18
5. Konzept zur Sicherung angemessener Restwassermengen infolge Gebrauchswasserentnahmen.....	19
5.1 Anforderungen.....	19
5.2 Bewilligungsdelegation an die Gemeinden.....	19
5.3 Aufteilung der Gewässer in Kategorien.....	20
A) Gewässer mit Q_{347} grösser als 1'000 l/s.....	20
B) Gewässer mit Q_{347} 50 l/s bis 1'000 l/s.....	20
C) Gewässer mit Q_{347} kleiner als 50 l/s.....	20
5.4 Kartenmaterial.....	20
5.5 Festlegen von Dotierwassermengen über den ganzen Flusslauf.....	21
6. Realisierung.....	23
6.1 Vorarbeiten.....	23
6.2 Pilotprojekt Langeten.....	23
A) Beschrieb des Einzugsgebietes.....	23
B) Bewirtschaftung.....	23
C) Problematik.....	24
D) Aufteilung der Wassermengen.....	24

E) Pegelkonzept	24
F) Pegelausbildung	24
6.3 Erkenntnisse aus dem Pilotprojekt	25
7. Kosten	27
7.1 Planungskosten	27
7.2 Baumeisterkosten	27
7.3 Ausrüstung	28
7.4 Gesamtkosten	28
8. Erfahrungen	29
9. Detailbearbeitung eines Gewässers	31
9.1 Vorbereitungsarbeiten (Januar - Mai)	31
A) Vorbereitung der Feldarbeiten auf dem Plan 1:10'000	31
B) Eintragen von möglichen Gewässerpegelstandorten im Plan 1:10'000	31
C) Einholen von weiterem Datenmaterial	31
D) Besichtigung des Gewässersystems	32
E) Vorbereitung der Erstmessung	32
F) Administrative Arbeiten	32
9.2 Erste Abflussmessung (Juni - September)	34
A) Vorgehen im Feld	34
B) Messverfahren	34
9.3 Festlegen der Dotierwassermenge (Oktober - November)	37
9.4 Bericht (Oktober - November)	42
9.5 Information der Gemeinden (Dezember - Februar)	43
9.6 Erstellen der Gewässerpegel (März - Mai)	43
A) Bestimmen der Gewässerpegeltypen	43
B) Administrative Arbeiten	44
C) Anregungen zur Submission	44
D) Anregungen zur Bauleitung	44
9.7 Abflussmessung zur "Eichung der Gewässerpegel" und Setzen der Dotier- wassermarken (Juni - November)	44
9.8 Definitives Pegelblatt und Information aller Betroffenen (Dezember - Februar) ...	45
Literatur	47
Anhänge I - V	49

Vorwort

Wenn in Trockenzeiten Wasser aus Fliessgewässern entnommen wird, insbesondere durch die landwirtschaftliche Bewässerung, verbleibt oft zu wenig Restwasser. Mit dieser Veröffentlichung - als Handbuch gedacht - möchten wir zeigen, wie im Kanton Bern flächendeckend und mit wenig Aufwand das Problem der Einhaltung der Restwasserbedingungen realisiert wird.

Das Konzept zur Sicherung angemessener Restwassermengen infolge Gebrauchs- wasserentnahmen (Wasserentnahmen mit festen sowie mobilen Einrichtungen, die nicht der Wasserkraftnutzung dienen) wurde 1991 im Auftrag des Wasser- und Energiewirtschaftsamtes des Kantons Bern für seine kritischen Gewässersysteme erarbeitet. Dieses Konzept wurde 1992 als Pilotprojekt an der Langeten ausgetestet und wird seit 1993 für Wasserentnahmen eingeführt.

Seit der Einführung des Konzeptes sind seitens der Fischereibehörden keine kritischen Zustände mehr gemeldet worden. Insbesondere ist das Abpumpen sämtlichen Bachwassers zu Bewässerungszwecken ausgeblieben, trotz teilweise intensiver Bewässerungen.

Das in diesem Konzept gewählte Abschätzverfahren für die Abflussmenge Q_{347} ist eine unter verschiedenen Möglichkeiten. Wir sind uns bewusst, dass die Übertragung der Resultate aus einer punktuellen Messung auf das ganze Fliessgewässer oder sogar auf ein anderes Gewässer eine erhebliche Fehlerquelle darstellen kann. Verglichen mit der Gewichtung im Zusammenhang mit einer Wasserentnahme zur Energieherstellung in den Alpen, wo jede Erhöhung der Dotierwassermenge um einige Liter pro Sekunde bereits zu jährlichen Energieminderproduktionen in der Grössenordnung von GWh führen kann, ist jedoch die Bedeutung dieser Fehlerquelle zu relativieren. Bei den in dieser Broschüre diskutierten Wasserentnahmen - es handelt sich in vielen Fällen um eine grosse Anzahl kleiner, der landwirtschaftlichen Bewässerung dienender Entnahmen am gleichen Gewässer - soll die gewählte Methode den Aufwand zur Bestimmung von Q_{347} mit einem den Verhältnissen angepassten Aufwand erlauben. Die Methode soll Gewähr bieten, dass die damit ermittelte Restwassermenge auf der sicheren Seite liegt und so den ökologischen Anforderungen des Gewässers Rechnung trägt. Es empfiehlt sich den Spielraum, der sich durch diese vereinfachte Methode bei der Beurteilung des Gewässers ergibt, zu Gunsten der bei der Bewässerung meistens betroffenen wertvollen Kleingewässern auszunützen.

1. Zusammenfassung

Seit dem Inkrafttreten des Bundesgesetzes vom 24. Januar 1991 über den Schutz der Gewässer (GSchG) [1] sind bei Wasserentnahmen aus Fließgewässern mit ständiger Wasserführung angemessene Restwassermengen (→ Kap. 3 "Begriffe") einzuhalten.

Die öffentlichen Gewässer stehen unter der Hoheit des Kantons. Als öffentliche Gewässer gelten neben den Grundwasservorkommen alle Oberflächengewässer, unabhängig von ihren Eigentumsverhältnissen. Wer aus einem solchen Gewässer Gebrauchswasser (→ Kap. 3 "Begriffe") entnehmen will, bedarf in der Regel einer kantonalen Konzession.

Mit der Revision des kantonalen Gesetzes vom 13. September 1989 über die Nutzung des Wassers (WNG), in Kraft seit 1. Januar 1990, erhielten die Gemeinden im Kanton Bern die Kompetenz, kurzfristige Gebrauchswasserentnahmen ohne feste Einrichtungen aus Oberflächengewässern selbständig zu bewilligen. Von Bedeutung ist diese Delegation vor allem für die landwirtschaftlichen Bewässerungen. Namentlich bei diesen Nutzungen muss gewährleistet sein, dass die nach den Artikeln 31 - 33 GSchG ermittelten Restwassermengen nicht unterschritten werden und die Gemeinden eine einheitliche Bewilligungspraxis anwenden.

Um unzulässige, übermässige oder gar schädliche Entnahmen aus Oberflächengewässern zu vermeiden, werden an den kritischen Gewässern Pegel angebracht, mit denen die Restwassermengen sichtbar gemacht und die Einhaltung der Dotierwassermengen (→ Kap. 3 "Begriffe") kontrolliert werden können. Gleichzeitig wurden den Gemeinden Entscheidungsgrundlagen für die Bewilligungen Gemäss Artikel 91, Absatz 3 WNG in Form von Karten, Fotos und Listen bereitgestellt.

Ein engmaschiges Netz mit Gewässerpegeln an den Gemeindegrenzen regelt die Wasserentnahmemengen zwischen den Gemeinden. Einer Gemeinde steht die Differenzwassermenge zwischen dem Gewässerpegel beim Eintritt des Gewässers in das Gemeindegebiet und dem Pegel am Austritt des Gewässers (plus Zuflüsse des Zwischeneinzugsgebietes) zur Verfügung. Eine Marke am Gewässerpegel gibt jeweils die minimale Wassermenge an, die das Gewässer in trockenen Perioden benötigt und gibt den die Dotierwassermenge übersteigenden Anteil zur Nutzung frei. Für die Gebrauchswasserentnahmen wird die Dotierwassermenge deshalb so festgelegt, dass die nach den Artikeln 31 - 33 GSchG ermittelten Restwassermengen flussabwärts überall eingehalten, die bestehenden Wassernutzungsrechte berücksichtigt werden können, und zudem der Wasserbedarf der Unterlieger sichergestellt ist (→ Kap. 5.5 "Festlegen von Dotierwassermengen über den ganzen Flusslauf", Abb. 4).

2. Rechtsgrundlagen

2.1 Eidgenössische Grundlagen

- Art. 29-33, 59 GSchG Das Bundesgesetzes vom 24. Januar 1991 über den Schutz der Gewässer (GSchG) enthält die gesetzliche Grundlage für die Festsetzung von Restwassermengen (→ Kap. 3 "Begriffe"):
- Artikel 29: Bewilligung für Wasserentnahmen
 - Artikel 30: Voraussetzungen für die Erteilung der Bewilligung
 - Artikel 31: Mindestrestwassermenge (→ Kap. 3 "Begriffe")
 - Artikel 32: Ausnahmen
 - Artikel 33: Erhöhung der Mindestrestwassermenge
 - Artikel 59: Ermittlung der Abflussmenge Q_{347} (→ Kap. 3 "Begriffe")

2.2 Grundlagen des Kantons Bern

- Art. 48 und 91 WNG Gemäss dem kantonalen Gesetz vom 13. September 1989 über die Nutzung des Wassers (WNG) besteht für bestimmte Fälle eine Bewilligungsdelegation an die Gemeinden für Gebrauchswasserentnahmen aus Oberflächengewässern.

Artikel 91, Absatz 3 WNG lautet: "Die Entnahme von Wasser aus einem Oberflächengewässer für industrielle, gewerbliche, landwirtschaftliche oder öffentliche Zwecke setzt, sofern sie nur zeitweise und ohne feste Einrichtung erfolgt, eine Bewilligung der Gemeinde voraus". Die Bewilligungen sollten in der Regel für ein Jahr, höchstens drei Jahre erteilt werden.

Dieses Vorgehen bedingt eine Zuordnung der verfügbaren Wassermenge an jede Gemeinde. Die Zuordnung der Wasserentnahmen erfordert ein umfassendes, die Gemeindegrenzen überschreitendes Kontrollnetz.

- Art. 6-8 VWO Die kantonale Verordnung vom 20. März 1991 über die Wasserentnahmen aus Oberflächengewässern (VWO) regelt alle Massnahmen zur Durchsetzung des im Kapitel 5 beschriebenen Konzeptes.

2.3 Angemessene Restwassermenge

A) Mindestrestwassermenge

Artikel 31, Absatz 2 GSchG verlangt, dass die Mindestmenge (Art. 31 Abs. 1 GSchG; → Kap. 3 "Begriffe") erhöht werden muss, wenn die Anforderungen nach den Buchstaben a bis e nicht erfüllt sind und nicht durch andere Massnahmen erfüllt werden können. Die Erfüllung dieser Anforderungen wird in den technischen Berichten, die für die einzelnen Gewässer oder Gewässersysteme erstellt werden, geprüft. Dabei ergibt sich folgende generelle Beurteilung:

- zu Bst. a: Bei länger andauernden Wasserentnahmen in trockenen und heissen Perioden unterhalb von ARA-Einleitungen können Probleme bezüglich Wasserqualität entstehen.
- zu Bst. d: Bei ungünstigen, d.h. breiten und flachen Abflussprofilen muss die Mindestmenge oft erhöht werden um die freie Fischwanderung zu gewährleisten.

B) Erhöhung der Mindestrestwassermenge

Gemäss Artikel 33, Absätze 1 - 3 GSchG erhöht die Behörde die Mindestrestwassermenge in dem Ausmass, als es sich aufgrund einer Abwägung der Interessen für und gegen die vorgesehene Wasserentnahme ergibt. Dabei ergibt sich wiederum folgende generelle Beurteilung:

- zu Abs. 2: **Interessen für die Wasserentnahme:** die wirtschaftlichen Interessen sind gerade mit Blick auf neue Kulturen, für die das Wasser einen Produktionsfaktor darstellen kann, von grosser Bedeutung. Immerhin muss die Bewässerung fachgerecht und kulturspezifisch erfolgen.
- zu Abs. 3: **Interesse gegen die Wasserentnahme:** die effektiven Restwassermengen (→ Kap. 3 "Begriffe") sind in der Regel grösser als die nach den Artikeln 31 - 33 GSchG ermittelten Restwassermengen. Nur in Trockenzeiten, wenn die Wasserführung im Gewässer kleiner wird und zugleich der Wasserbedarf für die Bewässerung steigt, kann sich die Restwassermenge im Unterlauf nach einer Serie von Entnahmen auf die nach den Artikeln 31 - 33 GSchG ermittelten Restwassermengen reduzieren. Die festgelegte Dotierwassermenge (→ Kap. 3 "Begriffe") ist somit oft grösser als die nach den Artikeln 31 - 33 GSchG ermittelten Restwassermengen im Oberlauf der Gewässer, weil die Dotierwassermenge auch die Nutzwassermenge für die Unterlieger enthält (→ Kap. 5.5 "Festlegen von Dotierwassermengen über den ganzen Flusslauf", Abb. 4).
- zu Abs. 1: **Interessenabwägung:** Die Interessenabwägung führt also, für die im vorliegenden Bericht behandelten Fälle, nur selten zu einer zusätzlichen Erhöhung der Mindestrestwassermengen.

2.4 Berichterstattung gemäss Artikel 33 Absatz 4 GSchG

Es wäre sehr aufwendig, für jede Wasserentnahme zur Bewässerung einen Bericht im Sinne von Artikel 33, Absatz 4 GSchG zu erstellen. Deshalb wird dieser Bericht nicht für jede einzelne Entnahme gemacht, sondern global für ganze Gewässer oder für

Gewässersysteme, und in einen Technischen Bericht integriert. Dieser Bericht wird von der Behörde selbst erstellt. Für die Belange, die die Zuständigkeit der Genehmigungsbehörde übersteigen, führt diese ein Mitberichtsverfahren durch, in erster Linie bei den Fischereifachstellen.

2.5 Verfahren

A) Grundsatz

Im Kanton Bern bedarf die Nutzung der öffentlichen Gewässer (zwecks Gebrauchswasserentnahme), zu denen auch alle Fliessgewässer gehören, einer Konzession der Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion (BVE). Dabei besteht eine Delegationsnorm an die Gemeinden, die befugt sind, Wasserentnahmen aus Oberflächengewässern für industrielle, gewerbliche, **landwirtschaftliche** oder öffentliche Zwecke zu bewilligen, sofern die Entnahmen nur zeitweise und ohne feste Einrichtungen erfolgen.

B) Konzessionen des Kantons

In den bewässerungsintensiven Gebieten des Kantons (Saanelal, Seeland, Fraubrunnenamt, unteres Emmental) werden die Konzessionen für die landwirtschaftlichen Bewässerungen amtsbezirkweise erteilt. Als Konzessionäre treten dort die landwirtschaftlichen Vereine auf; in den übrigen Gebieten werden die Konzessionen individuell erteilt.

Die Konzessionsgesuche werden publiziert und während 30 Tagen öffentlich aufgelegt. Gegen die Gesuche können Verletzungen öffentlichrechtlicher Vorschriften oder privatrechtlicher Interessen gerügt werden. Nach der Durchführung von Einigungsverhandlungen wird über das Gesuch entschieden. Die Konzessionen werden in der Regel für 40 Jahre erteilt und mit einer jährlichen Gebühr von derzeit Fr. 20.— pro bewässerte Hektare belegt. Zur Vermeidung von Missbräuchen müssen alle Entnahmeverrichtungen mit einer Marke gekennzeichnet werden.

Zum Zeitpunkt der Drucklegung dieses Berichtes bestehen 70 Bewässerungskonzessionen mit insgesamt knapp 700 bewilligten Entnahmestellen.

C) Bewilligungen der Gemeinden

Die Gemeinden können über jene Wassermengen verfügen, die die vom Kanton festgelegten Dotierwassermengen übersteigen. Die Gemeinden regeln die vorübergehenden Wasserentnahmen, einschliesslich der fischereirechtlichen Auflagen. Dabei dürfen die Rechte von bestehenden Wasserkraft- und Gebrauchswasser Konzessionen nicht geschmälert werden. Diese haben in jedem Fall Vorrang. Bewilligungen werden ohne öffentliches Auflageverfahren auf maximal 3 Jahre erteilt. Um ihre Aktualität zu gewährleisten, führen die Gemeinden jährlich ein Anmeldeverfahren für neue und zu erneuernde Bewilligungen durch.

3. Begriffe

Für Gebrauchswasserentnahmen werden nachstehend die Begriffe des GSchG übernommen und wo nötig präzisiert:

Abflussmenge Q_{347} :	Abflussmenge, die gemittelt über zehn Jahre, durchschnittlich während 347 Tagen des Jahres erreicht oder überschritten wird und die durch Stauung, Entnahme oder Zuleitung von Wasser nicht wesentlich beeinflusst ist (→ Art. 4 Bst. h GSchG).
Mindestmenge $Q_{\text{Min Abs. 1}}$:	Unter diesem Begriff verstehen wir im vorliegenden Bericht die Abflussmenge nach Artikel 31, Absatz 1 GSchG die aufgrund von Q_{347} berechnet werden kann. In jedem Fall muss mindestens eine Abflussmenge von 50 l/s belassen werden.
Mindestrestwassermenge Q_{Min} :	Abflussmenge die die Anforderungen von Artikel 31, Absatz 1 und Absatz 2 GSchG erfüllen.
Restwassermenge Q_{Rest} :	Abflussmenge eines Fließgewässers, die nach einer oder mehreren Entnahmen von Wasser verbleibt (→ Art. 4 Bst. k GSchG). Für die Gebrauchswasserentnahmen ist die Restwassermenge, d.h. die im Gewässer vorhandene Menge, die meiste Zeit grösser als die nach den Artikeln 31 - 33 GSchG ermittelte Restwassermenge (→ Kap. 5.5, Abb. 4).
Dotierwassermenge Q_{Dot} :	Wassermenge, die zur Sicherstellung einer bestimmten Restwassermenge bei der Wasserentnahme im Gewässer belassen wird (→ Art. 4 Bst. l GSchG). Für die Gebrauchswasserentnahmen wird die Dotierwassermenge deshalb so bestimmt, dass die nach den Artikeln 31 - 33 GSchG ermittelten Restwassermengen flussabwärts überall eingehalten, die bestehenden Wassernutzungsrechte berücksichtigt werden können, und zudem der Wasserbedarf der Unterlieger sichergestellt ist (→ Kap. 5.5, Abb. 4).
Gebrauchswasser:	Wasser das nicht für die Wasserkraftnutzung gebraucht wird (Bewässerung, Bauwasser, Prüfungen und Testläufe in Industrie- und Gewerbebetrieben, usw.).

4. Umsetzung

4.1 Entnahmen mit festen / mobilen Einrichtungen

Bei einer einzelnen, festen Anlage kann mit örtlichen Abklärungen die vom GSchG vorgeschriebene Restwassermenge relativ einfach ermittelt werden (→ Abb. 1).

Ganz anders verhält es sich bei den mittelländischen Gewässern, die für die landwirtschaftliche Bewässerung genutzt werden. Diese Wasserentnahmen finden während Trockenzeiten, also bei ohnehin niedrigen Abflüssen statt, und das entnommene Wasser geht für die gesamte Gewässerstrecke unterhalb der Entnahme verloren. Die Wasserentnahme kann irgendwo am Fließgewässer erfolgen, und somit muss die vom GSchG vorgeschriebene Restwassermenge an jedem einzelnen Punkt des Gewässers ermittelt werden (→ Abb. 2).

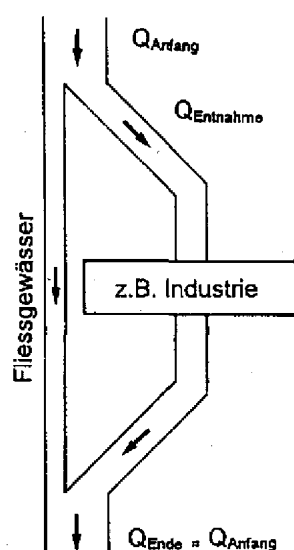


Abbildung 1
Abflussbilanz bei festen Anlagen z.B.
für industrielle Kühlwassernutzung

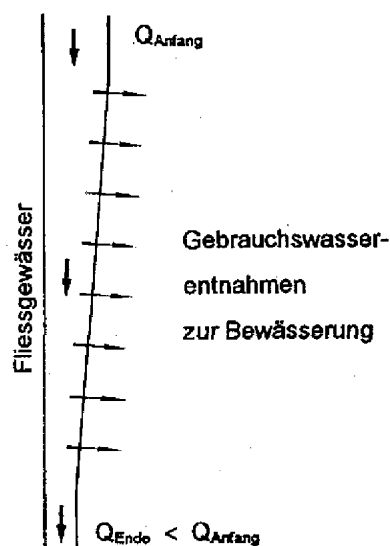


Abbildung 2
Abflussbilanz bei mobilen Entnahmen
zur landwirtschaftlichen Bewässerung

Das Problem an sich ist nicht neu, weil es namentlich schon während der Trockenperioden 1976 und 1983 aufgetreten war. Doch in den letzten Jahren hat es sich zugepoint, weil immer mehr behelfsmässige Entnahmeeinrichtungen durch leistungsfähige professionelle Bewässerungsanlagen ersetzt worden sind und bewässerungsintensive Spezialkulturen zum Anbaustandard gehören.

4.2 Nutzung

Anhand der Gesuche ist ersichtlich, dass der Hauptbedarf an Gebrauchswasser vorwiegend im Mittelland während längeren Trockenperioden anfällt. Im Gegensatz dazu ist der Bedarf im alpinen und voralpinen Raum vernachlässigbar. Auch aus wirtschaftlichen Gründen würde deshalb der Schwerpunkt auf die flächendeckende Bearbeitung

der mittelländischen und jurassischen Gebiete gelegt, da Gebrauchswasserentnahmen in alpinen und voralpinen Gebieten selten vorkommen und mit kleinem Aufwand im Einzelfall geregelt werden können, z.B. für Beschneiungsanlagen.

Ihrer Nutzung entsprechend können die Wasserentnahmestellen in zwei Kategorien aufgeteilt werden:

- Stellen mit festen Installationen
- Stellen mit mobilen Installationen

Die beiden Kategorien unterscheiden sich ausser durch die bauliche Beschaffenheit auch durch die Art der Nutzung.

A) Feste Anlagen

Dienen der kontinuierlichen Wasserentnahme über längere Zeitspannen. Darunter fallen insbesondere:

- Industrie- und Gewerbebetriebe
- Bewässerungseinrichtungen für regelmässige Entnahmen (namentlich Intensivkulturen, Baumschulen, Frostschutz)

Weil die Entnahme an einem festen Standort erfolgt, kann die Dotierwassermenge der Entnahmestelle genau zugeordnet werden.

Diese Entnahmen bedürfen einer kantonalen Konzession, die über mehrere Jahrzehnte erteilt wird und in der Regel nicht vorzeitig widerrufen werden kann.

B) Mobile Anlagen

Dienen zur Wasserentnahme, die zeitlich absehbar und nur auf kurze Zeit beschränkt ist. Darunter fallen insbesondere:

- Landwirtschaftliche Bewässerungen in Trockenzeiten (ohne gewerbliche Gemüse-, Obst- und Beerenkulturen, sowie Baumschulen und Gärtnereien, wo Wasser als Produktionsfaktor anzusehen ist)
- Wasserentnahmen für Prüfungen und Testläufe in Industrie- und Gewerbebetrieben
- Bauwasser
- Wasserentnahmen für Feuerwehr und Zivilschutz

Die Anlagen werden nach jedem Einsatz vollständig aus dem Gewässerbereich entfernt. Weil diese Entnahmen keine baulichen Eingriffe in Uferböschungen und Sohle bedingen, können sie überall erfolgen. Somit kann die Dotierwassermenge der Entnahmestelle nicht oder nur schwer zugeordnet werden.

Die Bewilligungen werden von den Gemeinden erteilt und sollten in der Regel für ein Jahr, höchstens drei Jahre, ausgestellt werden. Dieses Vorgehen bedingt eine Zuordnung der Gebrauchswassermenge an jede Gemeinde mit einem umfassenden, die Gemeindegrenzen überschreitenden Kontrollnetz.

4.3 Abflussmengenbestimmungen anhand von Messungen im Feld

Basis für die Bestimmung der Mindestmenge (Art. 31 Abs. 1 GSchG) bildet das Q_{347} , also die Abflussmenge, gemittelt über zehn Jahre, die durchschnittlich während 347 Tagen des Jahres erreicht oder überschritten wird und weder durch Stauung, Entnahme oder Zuleitung von Wasser wesentlich beeinflusst ist.

A) Hilfsmittel

Zur Ermittlung der Abflussmenge Q_{347} sind folgende Hilfsmittel zu empfehlen:

- Ein relativ dichtes Messstellennetz bildet eine gute Ausgangslage zur Bearbeitung der verschiedenen Gewässersysteme. Je nach Lage der Station im Gewässersystem kann diese punktuelle Information einen allgemeinen Eindruck über das langjährige Abflussverhalten des ganzen Systems vermitteln. Bei einer beeinflussten Wasserführung ist zu beachten, dass die gemessenen Abflüsse nicht den vom Gesetz verlangten, unbeeinflussten Abflüssen entsprechen.
- Das Abflussregime des zu untersuchenden Gebietes (Hydrologischer Atlas der Schweiz [4], Blatt 5.2) gibt einen generellen Überblick über das zu erwartende, langjährige Abflussverhalten eines Gewässersystems in einem Gebiet an. Zum einen ist aus dem Regimetyp die zu erwartende Niederwasserperiode des Gewässersystems ersichtlich; zum anderen kann festgestellt werden, ob eine benachbarte Abflussmessstation demselben Abflussregime unterworfen ist wie das zu untersuchende Gewässer.
- Über den gesamten Flusslauf wird ca. alle 1 bis 2 km die Abflussmenge gemessen. Zudem sind an Schlüsselstellen die Zu- und Abflüsse zu erfassen. Mit den gemessenen Werten kann eine Abflussbilanz mit der Abflussverteilung über das ganze Gewässersystem erstellt werden.

Auf Grund der Charakteristiken des Abflussregimes kann die Saison der wahrscheinlichsten Niederwasserperiode abgeschätzt werden. Der ideale Zeitpunkt für die Abflussmessung ist jedoch durch den Witterungsverlauf (z.B. 10 Tage ohne Niederschläge) bestimmt. Mit den Daten der Abflussmessstationen können die Resultate der direkten Abflussmessungen im Gewässer auf das langjährige Q_{347} geeicht werden. Sind am Gewässer keine Abflussmessstationen vorhanden, kann behelfsmässig eine Abflussmessstation eines benachbarten Gewässers zu Hilfe genommen werden. Man muss jedoch überprüfen, ob das benachbarte Gewässer ähnliche Abflusscharakteristiken aufweist wie das zu untersuchende Gewässer, z.B.:

- sind die Gewässer im selben hydrologischen Regime?
- sind Grundwassereinflüsse vorhanden?
- sind die geologischen Verhältnisse ähnlich?
- Ist die Bodenbeschaffenheit der beiden Einzugsgebiete vergleichbar?

B) Auswertung der Messungen

Mit den direkten Messungen im Gewässer kann die Abflussverteilung über den Verlauf des Gewässers ermittelt werden. Beim Aufzeichnen der Abflussverteilung sollte man daran denken, dass die ermittelten Werte nicht absolut sind, sondern einer gewissen Ungenauigkeit unterliegen. Messreihen aus den hydrologischen Jahrbüchern zeigen deutlich, wie sich das Q_{347} über den Lauf der Jahre ändert. Je länger die Messperiode

ist, desto kleiner sind die Schwankungen. Dies kann deutlich am Beispiel der Suze in Péry gezeigt werden:

Periode	Messdauer	Q_{347}	$Q_{\text{Min Abs. 1}}$
1977-1982	6 Jahre	2.11 m ³ /s	807 l/s
1977-1986	10 Jahre	1.37 m ³ /s	559 l/s
1977-1991	15 Jahre	1.15 m ³ /s	497 l/s
1982-1991	10 Jahre	1.00 m ³ /s	435 l/s
1976-1994	19 Jahre	1.20 m ³ /s	497 l/s

Vergleicht man die Messperiode der ersten 10 Jahre von 1977-1986 mit einer 10 jährigen Messperiode mit mehreren trockenen Jahren, wie z.B. die Periode 1982-1991, variieren die Mittelwerte der Q_{347} und die dazugehörigen Mindestmengen (Art. 31 Abs. 1 GSchG; $Q_{\text{Min Abs. 1}}$) beträchtlich. Bei einem Vergleich derselben Perioden mit der Gesamtperiode 1976 - 1994 stellt man nach der Berechnung der Mindestmengen kleinere Abweichungen fest:

Periode	Messdauer	Q_{347}	$Q_{\text{Min Abs. 1}}$	$Q_{\text{Min Abs. 1}}$
1977-1986	10 Jahre	1.37 m ³ /s	559 l/s	112.5 %
1982-1991	10 Jahre	1.00 m ³ /s	435 l/s	87.5 %
1976-1994	19 Jahre	1.20 m ³ /s	497 l/s	100 %

Wichtig ist also, die Grössenordnung der Abflussmenge Q_{347} so gut wie möglich mit einem vernünftigen Aufwand zu bestimmen, damit die Grössenordnung der Mindestmenge abgeschätzt werden kann; denn absolute Werte sind in einem natürlichen System nicht erhältlich.

Bei allem Aufwand zur Ermittlungen des Q_{347} darf man das Ziel nicht vergessen. Das Ziel ist eine Dotierwassermenge zu bestimmen, die dem ökologischen System Fließgewässer gerecht wird (→ Art. 31 Abs. 2 und Art. 33 GSchG).

4.4 Abflussmengenbestimmungen anhand von mathematischen Modellen

In den letzten Jahren wurden verschiedene mathematische Modelle zur Abschätzung von Abflüssen erarbeitet. Eines für den Mittelwasserbereich stammt vom Geographischen Institut der Universität Bern "Zur Abschätzung der Abflüsse in ungemessenen schweizerischen Einzugsgebieten" [5]. Das Modell bietet die Möglichkeit, das saisonale Abflussverhalten natürlicher Einzugsgebiete quantitativ abzuschätzen. Die Güte des Verfahrens hängt indessen stark von der Datenqualität der klimatischen Einflussgrössen und der Verfügbarkeit von Repräsentativstationen ab. Die Landeshydrologie und -geologie hat basierend auf diesem Verfahren ein Programm zur Bestimmung des Q_{347} erarbeitet. Zur Zeit ist das Modell auf den Alpenraum geeicht; für tiefergelegene Einzugsgebiete im Mittelland, im Jura und im Tessin konnte noch kein befriedigendes Abschätzverfahren entwickelt werden (→ [6]).

5. Konzept zur Sicherung angemessener Restwassermengen infolge Gebrauchswasserentnahmen

Der Leitgedanke des Konzepts besteht aus folgenden 4 Punkten:

- Die Bewilligungen für mobile Gebrauchswasserentnahmen werden vom Kanton an die Gemeinden delegiert.
- Die Gewässer werden ihrem Abfluss entsprechend in drei Kategorien eingeteilt:
 - Gewässer mit Q_{347} grösser als 1'000 l/s
 - Gewässer mit Q_{347} zwischen 50 l/s und 1'000 l/s
 - Gewässer mit Q_{347} kleiner als 50 l/s.
- Den Gemeinden wird eine Karte und eine Liste mit den Gewässerkategorien zugestellt.
- Die Dotierwassermengen werden über die ganze Länge des Flusslaufes bestimmt. Mit Gewässerpegeln an den Gemeindegrenzen werden die Restwassermengen sichtbar gemacht, und die Einhaltung der Dotierwassermengen können kontrolliert werden.

5.1 Anforderungen

Das Konzept soll die Kontrolle der vielfältigen Möglichkeiten zur Entnahme von Gebrauchswasser (mit mobilen sowie festen Einrichtungen) aus Oberflächengewässern vollständig umfassen.

Die Kontrollgeräte (Einrichtungen) müssen robust sowie einfach zu montieren und zu unterhalten sein. Die Ablesungen sollen ohne grosse Schulung einfach, rasch und ohne Hilfsmittel sofort interpretierbar sein.

5.2 Bewilligungsdelegation an die Gemeinden

Für ein Gebiet der Grösse des Kantons Bern erwies sich die zentrale Erteilung sämtlicher Entnahmebewilligungen als unmöglich. Der Aufwand für die administrativen Arbeiten wäre immens und die Kontrollen während den Niederwasserperioden würde das Machbare übersteigen, d.h. der Wille zum Vollzug der Restwasserbedingungen wäre unglaubwürdig. Aus diesem Grund wurde die Bewilligungsbefugnis für vorübergehende Wasserentnahmen, ohne feste Einrichtungen mit den dazugehörigen Kontrollaufgaben an die Gemeinden delegiert.

Dieses Vorgehen bedingt eine Zuordnung der Gebrauchswassermenge an jede Gemeinde. Die Zuordnung der Wasserentnahmen erfordert ein umfassendes, die Gemeindegrenzen überschreitendes Kontrollnetz.

5.3 Aufteilung der Gewässer in Kategorien

Als Entscheidungshilfen für die Gemeinden wurden die Gewässer in drei Kategorien aufgeteilt:

- A) **Gewässer mit Q_{347} grösser als 1'000 l/s** (Totale Gewässerlänge = 450 km): dieser Kategorie gehören grosse Gewässer (z.B. Aare, Saane) an. Diese Gewässer mit ihren grossen Abflüssen sind unproblematisch, da die Abflussschwankungen wegen Gebrauchswasserentnahmen im Vergleich zu den natürlichen Abflussschwankungen geringfügig sind. Diese Gewässer bedürfen daher keiner speziellen Regelung.
- B) **Gewässer mit Q_{347} 50 l/s bis 1'000 l/s** (Totale Gewässerlänge = 750 km): dieser Kategorie gehören mittlere Gewässer (z.B. Langete, Emme) an. Die nach Artikel 31-33 GSchG ermittelte Restwassermenge variiert über die Länge des Wasserlaufes, d.h. sie muss an jedem Punkt des Gewässerlaufes neu bestimmt werden. Wenn solche Gewässer eine gewisse Bedeutung für die landwirtschaftliche Bewässerung haben, müssen sie mit Gewässerpegel ausgerüstet werden.
- C) **Gewässer mit Q_{347} kleiner als 50 l/s** (Totale Gewässerlänge = 8'800 km): dieser Kategorie gehören kleine Gewässer (z.B. Trümmelbach in Lauterbrunnen) resp. obere Bachläufe (z.B. Lyssbach) an. Aus diesen Gewässern darf die Gemeinde keine Gebrauchswasserentnahmen bewilligen, weil in der Niederwasserperiode nicht genügend Wasser vorhanden ist.

Eine erste grobe Einteilung erfolgte mit Hilfe der Daten der hydrologischen Jahrbücher und den Erfahrungen der örtlichen Fischereiaufseher. Die Zuteilung der Gewässer zu den Kategorien werden mit der Detailbearbeitung der Gewässer laufend nachgeführt.

5.4 Kartenmaterial

In zwei Karten 1:100'000 sind alle Gewässer nach den obengenannten Kriterien gekennzeichnet. Mit dieser optischen Hilfe ist für eine Gemeinde sofort ersichtlich, ob aus einem Gewässer Entnahmen überhaupt erlaubt oder eingeschränkt sind (→ Abb. 3).

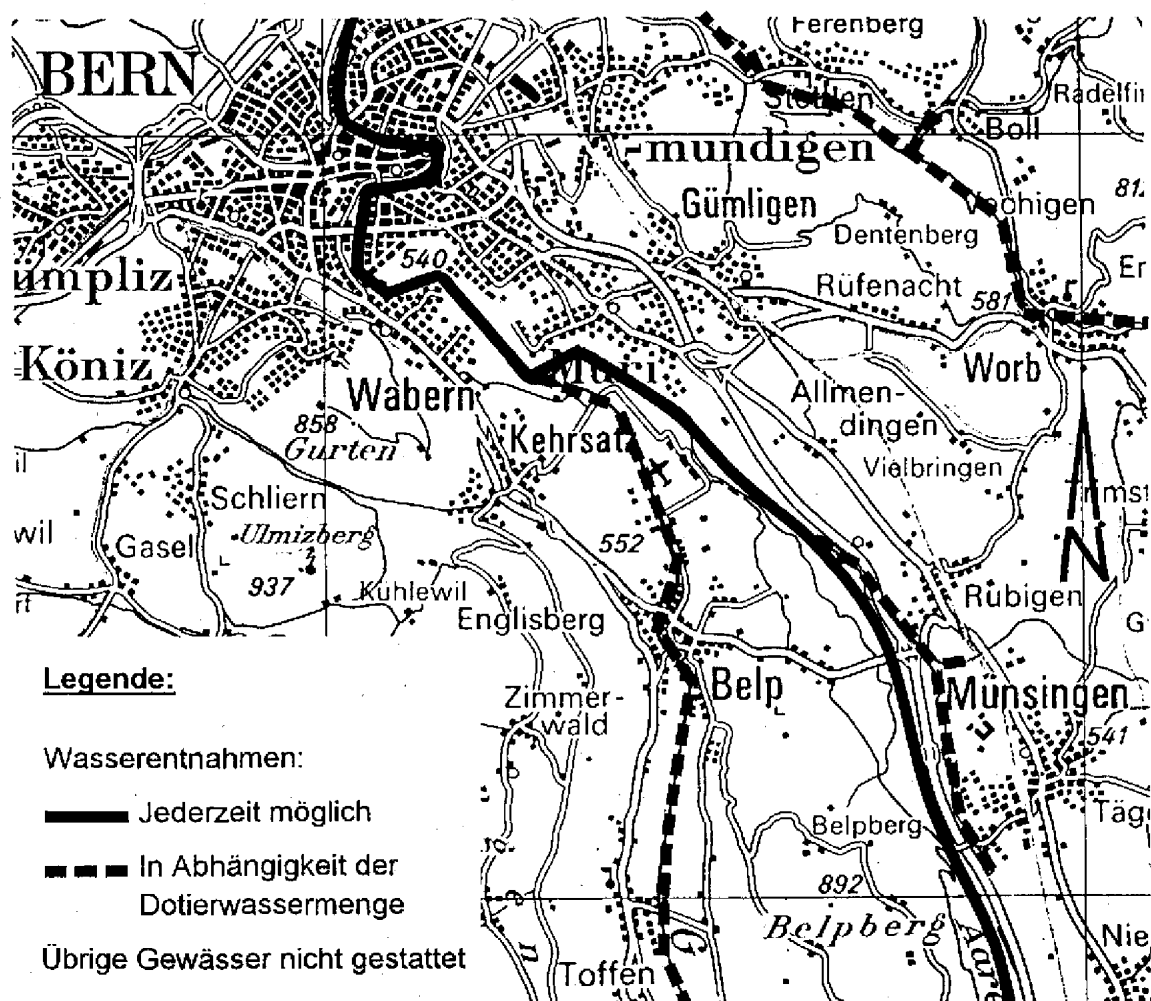


Abbildung 3
Ausschnitt der Übersichtskarte 1:100'000, Blatt Nord

5.5 Festlegen von Dotierwassermengen über den ganzen Flusslauf

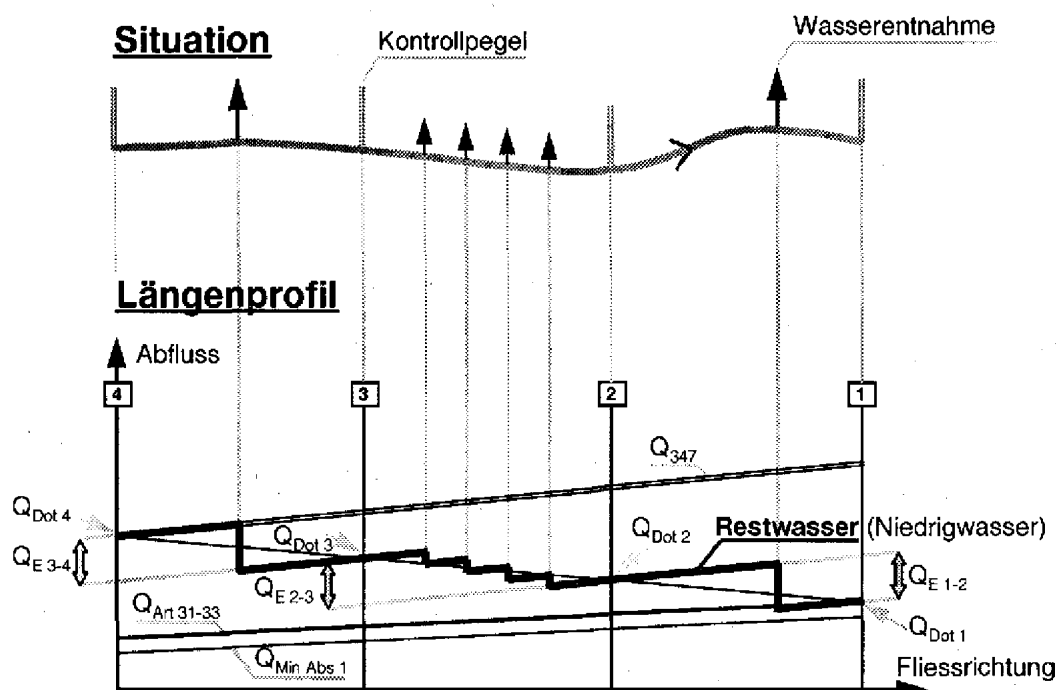
Die nutzbare Wassermenge entlang eines Fließgewässers muss gerecht auf alle Gemeinden aufgeteilt werden.

Je nach der Mengenabflusscharakteristik des Gewässers kann die Wasserzunahme im Gewässer auf verschiedene Arten erfolgen. In Fällen mit grossen Zuflüssen im Oberlauf, z.B. Grundwassereintritte, Quellen, ARA-Einleitungen, sonstige feste Einleitungen etc. und geringen Zuflüssen im Unterlauf kann die Situation eintreten, dass für die Unterlieger keine Wasserentnahmen mehr möglich sind, wenn von den Oberliegern die nutzbare Wassermenge vollständig ausgenutzt wurde. Um solche Situationen zu vermeiden, wird jeder Gemeinde eine Dotierwassermenge zugeteilt, in der die Bedürfnisse der Unterlieger berücksichtigt werden. Bei der Festlegung der Dotierwassermenge sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Mindestmenge nach Artikel 31, Absatz 1 GSchG (unter Berücksichtigung allfälliger Versickerungen)

- Gesetzlich vorgeschriebene Zuschläge zur Mindestmenge (Art. 31 Abs. 2 und Art. 33 GSchG) für:
 - Gewährleistung des Verdünnungsgrades bei ARA-Einläufen
 - Ökologische Aspekte
 - Belange der Fischerei
 Die Praxis hat gezeigt, dass mit der Berücksichtigung der Belange der Fischerei die anderen Bedürfnisse oft ebenfalls abgedeckt sind.
- Weitere Zuschläge:
 - Bestehende Konzessionen
 - Anteil zur Sicherung der Wasserentnahmen der Unterlieger

Die Zuteilung der möglichen Entnahmemengen kann auf verschiedenen Grundlagen beruhen, z.B. proportional zur jeweiligen Gewässerlänge in einer Gemeinde oder proportional zu den zu bewässernden Flächen etc. Wichtig ist, dass jeder Gemeinde ein bestimmter Anteil zugeteilt wird. Die Zuteilung erfolgt auf Grund einer Detailbearbeitung der einzelnen Gewässer. Nachstehende Grafik zeigt schematisch wie sich die Dotierwassermenge bei den Gewässerpegelstandorten, über den Flusslauf verteilt, auswirkt:



- $Q_{\text{Min Abs 1}}$ Mindestmenge nach Art. 31 Abs. 1 GSchG
 $Q_{\text{Art 31-33}}$ Ermittelte Restwassermenge nach Art. 31-33 GSchG
 $Q_{\text{E x-y}}$ Mögliche Entnahmemenge zwischen Pegel x und Pegel y bei Niedrigwasser
 $= Q_{\text{Dot x}} - Q_{\text{Dot y}} + \text{Zuflüsse des Zwischeneinzugsgebiets}$
 $Q_{\text{Dot x}}$ Festgelegte Dotierwassermenge beim Pegel x damit die nach den Art. 31-33 GSchG ermittelte Restwassermengen flussabwärts überall eingehalten, die bestehende Wassernutzungsrechte berücksichtigt werden können, und zudem der Wasserbedarf der Unterliegenden sichergestellt ist

Abbildung 4
Festlegung der Dotierwassermenge

6. Realisierung

6.1 Vorarbeiten

In einer zweiteiligen Übersichtskarte 1:100'000 wurden die bernischen Gewässer - eingeteilt in die drei Kategorien - dargestellt. Dazu gehört eine Datei aller Gemeinden mit ihren Gewässern. Diese erste Einteilung ermöglicht einen flächenhaften Überblick über den zu erwartenden Aufwand.

Als weiteres wurde eine Dringlichkeitsliste der zu bearbeitenden Gewässer festgelegt. In einer ersten Priorität wurden Gewässer abgegrenzt, die seit längerem problembeladen sind und einer raschen Lösung bedürfen. Als Hauptinformationsquelle diente das Kantonale Fischereiinspektorat. Alle übrigen zu regelnden Gewässer wurden gesamthaft einer zweiten und dritten Etappe zugewiesen.

Um das Konzept auf seine Realisierbarkeit zu prüfen, wurde ein Pilotprojekt durchgeführt.

6.2 Pilotprojekt Langeten

A) Beschrieb des Einzugsgebietes

Das untersuchte Gewässersystem der Langeten wird gebildet durch den Bereich ab der Gemeinde Eriswil bis zur Mündung in die Murg bei Murgenthal, sowie durch die seitlichen Zuflüsse Rohrbachgraben, Dorfbach Leimswil, Dorfbach Madiswil und Gutenburgbächli.

B) Bewirtschaftung

Die Langeten wird zur Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen stark genutzt. Es bestehen viele Wasserrechte, die jedoch nur teilweise ausgeübt werden. Bedeutsam ist hier vor allem die historische Nutzungsform der Wässermatten. Grössere Wasserentnahmeanlagen zur Wiesenbewässerung bestehen:

- Auf dem Streckenabschnitt Lotzwil - Langenthal (Hambuel)
- Im Bereich Kaltenherberge, Gruenholzmatte Roggwil

Jahreszeitlich wird vor allem bewässert:

- Im Frühjahr und Herbst die Neueinsaat bzw. Pflanzungen
- Heute auch vermehrt in Trockenperioden, d.h. bei Niedrigwasser zur Ertragssicherung

Entlang der Langete bestehen zudem verschiedene Wasserrechte von Kleinunternehmern (Anlagen zur Wasserkraftnutzung), z.B.:

- Kleindietwil, Mühle
- Rohrbach, abgehender Kanal für ein Kleinkraftwerk
- Roggwil, Kleinkraftwerk auf der Langeten

C) Problematik

Problemfelder waren:

- Die Restwasserstrecken der Wässermatten (Gruenholz)
- Die Abschnitte intensiver landwirtschaftlicher Nutzung
- Versickerungen
- Mangelndes Restwasser im unteren Bachabschnitt

D) Aufteilung der Wassermengen

Eine Zusammenstellung der gewünschten Wasserentnahmemengen aus der Langeten deckte, verglichen mit den zur Verfügung stehenden Wassermengen, ein erhebliches Wasserdefizit auf. Nach der Reduktion der gewünschten auf die minimal notwendigen Wassermengen, konnte die Bilanz bei Niedrigwasser einigermaßen ausgeglichen und über den Flusslauf verteilt werden.

E) Pegelkonzept

Die primär zu überwachenden Bereiche (aus welchen die Pegelstandorte folgen) leiten sich aus folgenden Problemschwerpunkten ab:

- Erfassen der mobilen Anlagen in Landwirtschaftsgebieten (Ermitteln der Dotierwassermengen unter Berücksichtigung des Wasserbedarfs der Unterlieger)
- Erfassen der Restwasserstrecken (Ermitteln der möglichen Wasserentnahmen um die Restwasserbestimmungen einzuhalten)

Vordringlich ging es darum, an allen Stellen im kritischen Bereich der Wasserführung einen Pegel zu setzen, damit die Einhaltung der Dotierwassermenge jederzeit kontrolliert und im Bedarfsfall mit periodischen Wasserentnahmebeschränkungen gewährleistet werden kann.

Weitere Pegelstandorte mussten aber auch im Bereich der Gemeindegrenzen liegen, damit die Gemeinden als Bewilligungsbehörden die Wasserentnahmen gemäss ihrem Auftrag kontrollieren können.

Von Seiten des Fischereinspektorates wurde zudem die Forderung gestellt, dass alle für das Anbringen der Pegelmarken erforderlichen baulichen Eingriffe den Gewässerhaushalt nicht oder nur unwesentlich beeinträchtigen. Die Ausbildung der Gewässerpegel war deshalb so zu wählen, dass auch bei Niedrigwasser eine Fischwanderung gewährleistet bleibt.

Eine eindeutige Beziehung zwischen dem Wasserstand und der Abflussmenge (unabdingbare Voraussetzung für das Festlegen des Dotierwasserniveaus) ist nur in einem hydraulisch definierten Fliessgewässerabschnitt möglich. Deshalb wurden vordringlich alle festen und verbauten Gewässerabschnitte auf ihre Eignung als Pegelstandort überprüft. Im Vordergrund standen dabei Schwellen mit stabilisierter Sohle, Überfallwehre, mit Sohrliegel fixierte Gewässerabschnitte und dergleichen.

F) Pegelausbildung

Es gelangten zwei Systeme zur Anwendung:

- 1) Pegellatte in leichter Ausführung aus emailliertem Stahl, mit gut leserlicher cm-Unterteilung. Die Pegel wurden an befestigte Böschungen oder Bauten vertikal

gedübelt. Das Dotierwasserniveau ist mit einer Markierung (Kontrollmarke) gekennzeichnet (→ Anhänge I, III und IV).

- 2) Künstliche Einengung des Fliessquerschnittes zur Erhöhung der Abflusstiefe mittels Schwelleneinschnitte und Wehrbretter, wobei der Durchfluss durch den Einschnitt der Dotierwassermenge entspricht. Dieser Pegeltyp eignet sich vor allem bei Gewässern mit relativ breiter Bachsohle. Der Ausschnitt kann, je nach Abflussmenge V-förmig oder horizontal ausgebildet werden (→ Anhänge III und V).

Beide Systeme können günstig erstellt und einfach abgelesen werden.

6.3 Erkenntnisse aus dem Pilotprojekt

Nach zwei Jahren Erfahrung drängen sich am eigentlichen Konzept keine Änderungen auf. Bei der Bearbeitung weiterer Bäche zeigten sich Verbesserungsmöglichkeiten:

- Es hat sich als sinnvoll erwiesen, Einzelbäche wenn möglich zu Gewässersystemen zusammenzuziehen und als Ganzes zu bearbeiten, auch wenn nicht alle Bäche den gleichen Dringlichkeitsstatus haben. Mit dieser Massnahme können mehr Gewässer in der gleichen Zeitspanne bearbeitet werden, mit entsprechend kleinerem Gesamtaufwand pro Gewässer.
- Bei der Bearbeitung der Gewässer wurde festgestellt, dass sich die Arbeiten pro Gewässer auf zwei Jahre verteilen. Die Aufteilung ergibt sich aus der Wetterabhängigkeit (kurze Niederwasserperioden) der Arbeiten. Die Bearbeitung eines Gewässersystems lässt sich grob in folgende Schritte mit entsprechenden Bearbeitungszeiträumen gliedern:

Zeit		Tätigkeit
1. Jahr:	Jan. - Mai	Vorbereitungsarbeiten
	Juni - Sept.	Erste Abflussmessung *
	Okt. - Nov.	Festlegen der Dotierwassermenge und Bericht
	Dez. - Feb.	Information der Gemeinden
2. Jahr:	März- Mai	Erstellen der Gewässerpegel *
	Juni - Sept.	Abflussmessung zur "Eichung der Gewässerpedel" *
	Okt. - Nov.	Setzen der Dotierwassermarken*
	Dez. - Feb.	Definitives Pegelblatt und Information aller Betroffenen

* Witterungsabhängige Arbeiten

Tabelle 1
Bearbeitungszeiträume

Die grossen Zeitspannen für die aufgelisteten Schritte ergeben sich hauptsächlich aus ihrer Abhängigkeit von der Wasserführung der Gewässer. Insbesondere können die mit * versehenen Arbeiten nur bei Niederwasser durchgeführt werden, was eine genaue Zeitplanung verunmöglicht.

7. Kosten

7.1 Planungskosten

Der Planungsaufwand hängt stark von der Grösse des Gewässersystems ab, wobei kleinere Gewässer im Vergleich zu ganzen Gewässersystemen verhältnismässig kostenintensiver sind (→ Tab. 2). Die angegebenen Stundenwerte dienen als Grössenordnung zur Abschätzung des notwendigen Bearbeitungsaufwandes der einzelnen Teilarbeiten. Gewässer mit vielen technischen Verbauungen (Sohlensicherungen, Absturzbauwerke, Brückenwiderlager etc.) sind im allgemeinen weniger kostenintensiv als Gewässer ohne künstliche Verbauungen.

Tätigkeiten	Aufwand					
	Gewässer <7km (Std.)		Gewässer >7km (Std.)		Gewässer- systeme (Std.)	
	Ing.	Zeichn.	Ing.	Zeichn.	Ing.	Zeichn.
Vorbereitungsarbeiten	20	10	30	15	40	20
Erste Messung	10	10	15	15	25	25
Bericht	25	15	35	25	45	35
1. Information der Gemeinden	5	5	10	5	10	5
Erstellen der Gewässerpegel	20	10	30	20	40	25
Eichmessung	10	10	15	15	25	25
Dotierwassermarken setzen	5		10		15	
2. Information der Gemeinde	5		10		15	
Definitive Pegelblätter	10	20	10	30	10	40
Total (Std.)	110	80	165	125	225	175

Tabelle 2
Aufwandübersicht

7.2 Baumeisterkosten (Preisbasis 1996)

Die Kosten für die baulichen Massnahmen können beträchtlich schwanken, je nach Verbauungsgrad des Gewässers. Einfache Gewässerpegel, die an bestehenden Verbauungen befestigt werden, kosten ca. Fr. 1100.--. Muss bei einer bestehenden Sohlenschwelle eine Montagevorrichtung erstellt werden, belaufen sich die Kosten pro Gewässerpegel auf ca. Fr. 2200.--. Sobald neue Schwellen als Sohlensicherung in die bestehende Bachsohle eingebaut werden oder Uferpartien örtlich messtechnisch verbessert werden, steigen die Kosten im Einzelfall auf Fr. 20'000.-- bis 25'000.-- pro Gewässerpegel.

Zu den Kosten für Gewässerpegel können noch Aufwendungen für die Erweiterung des Abflussmessnetzes hinzukommen. Die Anzahl der zusätzlich benötigten Abflussmessstationen hängt stark von der Dichte des bestehenden Netzes ab. Eine globale Abschätzung der Kosten für Abflussmessstationen ist nicht möglich, da sie zu stark von den örtlichen Gegebenheiten abhängen.

Die jährlichen baulichen Aufwendungen hängen stark von der Anzahl der bearbeiteten Gewässersysteme ab. Die Erfahrung zeigt, dass pro Jahr ca. 1 aufwendiger Gewässerpegel erstellt werden muss und die restlichen Pegel mit Kosten zwischen Fr. 1100.– /Stk. und Fr. 2200.– /Stk. realisiert werden können.

7.3 Ausrüstung

Die Ausrüstung der Gewässerpegel umfasst das Liefern der Pegellatten, der Beschriftungstafeln und der Dotierwassermarken. Die Kosten für die Ausrüstung hängen stark von der Wahl der Produkte ab. Im Einzelfall können die Aufwendungen anhand von Lieferantentofferten recht genau ermittelt werden.

Die Montage der Gewässerpegel ist in den Baumeisterarbeiten enthalten.

7.4 Gesamtkosten

Im Kanton Bern haben die Vorbereitungsarbeiten und die Bestückung der für Gebrauchwasserentnahmen kritischsten Gewässer mit Gewässerpegel (ca. 100 Stk.) ungefähr Fr. 700'000.– gekostet. Die Realisierungskosten für alle im Kanton Bern vorgesehenen Gewässer (Gewässer der Kategorie B → Kap. 5.3 "Aufteilung der Gewässer in Kategorien") werden gesamthaft auf ca. Fr. 1'800'000.– geschätzt.

8. Erfahrungen

Anfänglich standen die Wasserentnehmer dem Konzept äusserst kritisch gegenüber. Hauptursache war die Befürchtung, es könne den Gewässern in den Bewässerungsperioden überhaupt kein Wasser mehr entnommen werden. Nach zwei Beobachtungsjahren kann nun festgestellt werden, dass die Befürchtungen unbegründet waren. Wässermatten können weiterhin bewirtschaftet werden, und die Gewässer führten genügend Wasser für weitere Entnahmen. Die Bezugszeiten, -dauer und -mengen werden jetzt besser über den Tageslauf verteilt, so dass die früheren Entnahmespitzen, welche die Gewässer (z.B. Langeten) teilweise fast trockenlegte, gedämpft werden und die vorgeschriebenen Restwassermengen eingehalten werden. Seit der Einführung des Konzeptes sind seitens der Fischereibehörden keine kritischen Zustände mehr gemeldet worden.

9. Detailbearbeitung eines Gewässers

Am Beispiel der Ösch, soll gezeigt werden, wie die Detailbearbeitung eines Gewässers erfolgt. Das Vorgehen kann auf andere Gewässer übertragen werden. Das Vorgehen hat sich aus der Bearbeitung von über 70 Bächen entwickelt und wurde grob im Kapitel 6.3 aufgelistet (→ Tab. 1).

9.1 Vorbereitungsarbeiten (Januar - Mai)

Als erstes muss man sich mit dem Gewässersystem vertraut machen. Als nützlich haben sich die Pläne des Kantonalen Vermessungsamtes 1:10'000 und die Landeskarten 1:25'000 erwiesen. Bei grossen Gewässersystemen hilft zusätzlich die Landeskarte 1:50'000.

A) Vorbereitung der Feldarbeiten auf dem Plan 1:10'000

- Zuerst wird der Flusslauf mit den Zuflüssen angefarbt (blau), dies gibt den Überblick über das zu bearbeitende Gewässersystem. Insbesondere können eingedolte Zu- und Ableitungen auf der Karte besser erkannt werden als im Feld.
- Anschliessend werden die Gemeinde- und falls vorhanden Kantons Grenzen (grün/orange) angefarbt. Dies erleichtert die Suche nach möglichen Standorten (Gemeindegrenzen) für Gewässerpegel.
- Weiter werden vorhandene Abflussmessstationen eingetragen. (Quellen: Hydrologische Jahrbücher der Kantone und der Eidgenossenschaft).

B) Eintragen von möglichen Gewässerpegelstandorten im Plan 1:10'000

Sinnvolle Standorte für Gewässerpegel können sein:

- Gemeindegrenzen
- Kantons Grenzen
- Stellen an denen Wasser aus dem Gewässer ausgeleitet wird, z.B. Wässerungsgräben, Aufteilung von Gewässern
- Grössere Zuflüsse aus Seitengewässern

Es erweist sich als praktisch, die Gewässerpegelstandorte von der Mündung der Gewässer her beginnend, zu numerieren (z.B. P1, P2, ... → Abb. 5), da nicht immer klar ist, wann im Oberlauf die Abflussmenge Q_{347} von 50 l/s unterschritten wird (Grenze zwischen Gewässer der Kategorie B und C → Kap. 5.3 "Aufteilung der Gewässer in Kategorien").

C) Einholen von weiterem Datenmaterial

- Datenblätter der hydrologischen Jahrbücher
- Abflussregime bestimmen (z.B. Hydrologischer Atlas der Schweiz)
- Kantonale Wasserkraftkonzessionen
- Kantonale Gebrauchswasserentnahmekonzessionen
- Beim Fischereiaufseher Wasserentnahmestandorte (legale und illegale) abklären

D) Besichtigung des Gewässersystems

- Gewählte Standorte auf Eignung überprüfen:
 - Ist die Bachsohle stabil (Sohlenverbauungen mit Rundhölzern, Steinpflasterung, Absturzbauwerke, Betonrinnen, Staustufen der Feuerwehr etc.)?
 - Ist das Profil hydraulisch zur Abflussmessung geeignet (regelmässige Strömung)?
 - Kann eine Pegellatte an einem bestehenden Bauwerk montiert werden, oder kann die Fusssohle auf einfache Weise örtlich eingeengt werden, z.B. durch seitliches Aufsetzen von Kanthölzern, Metallprofilen auf die bestehende Schwelle?
 - Falls nicht, wo hat es in der Nähe eine Stelle, die obige Bedingungen erfüllt?
 - Die Standorte jeweils photographieren (Polaroidfotoapparat hat sich bestens bewährt) und genau in Karte 10'000 eintragen (z.B. F1, F2, ... numerieren; → Abb. 5), damit der Standort später wieder gefunden werden kann.
- Aus- und Zuleitungen erfassen, die nicht in den Karten vorhanden sind. Diese Arbeit bedingt viel Mobilität, denn es lohnt sich, weite Strecken des Gewässers abzulaufen um sicher zu sein, dass alles erfasst wurde. Nicht erfasste Aus- und Zuleitungen können bei der späteren Erstellung der Abflussbilanz zu falschen Resultaten führen.

E) Vorbereitung der Erstmessung

Mit den Informationen der Gewässerbesichtigung können nun die Arbeiten für die erste Abflussmessreihe vorbereitet werden. Hier gilt es die Orte festzulegen an denen der Abfluss gemessen werden soll (z.B. M1, M2, ... numerieren; → Abb. 5), das sind:

- Alle festgelegten Gewässerpegelstandorte
- Alle Zuflüsse
- Alle Abflüsse
- Abschnitte zwischen den Gewässerpegeln:
 - Unterhalb von Zu- und Abflüssen
 - Infiltrations- und Exfiltrationsstrecken
 - Falls der Abstand zwischen den Pegeln mehr als ca. 5 km beträgt

F) Administrative Arbeiten

- Einholen der "Reproduktionsbewilligung von Ausschnitten aus Landeskarten" beim Bundesamt für Landestopographie in Wabern zur Dokumentation des technischen Berichtes (Situation 1:50'000).
- Beim zuständigen Wasserbauingenieur Informationen über geplante Bauarbeiten einholen.

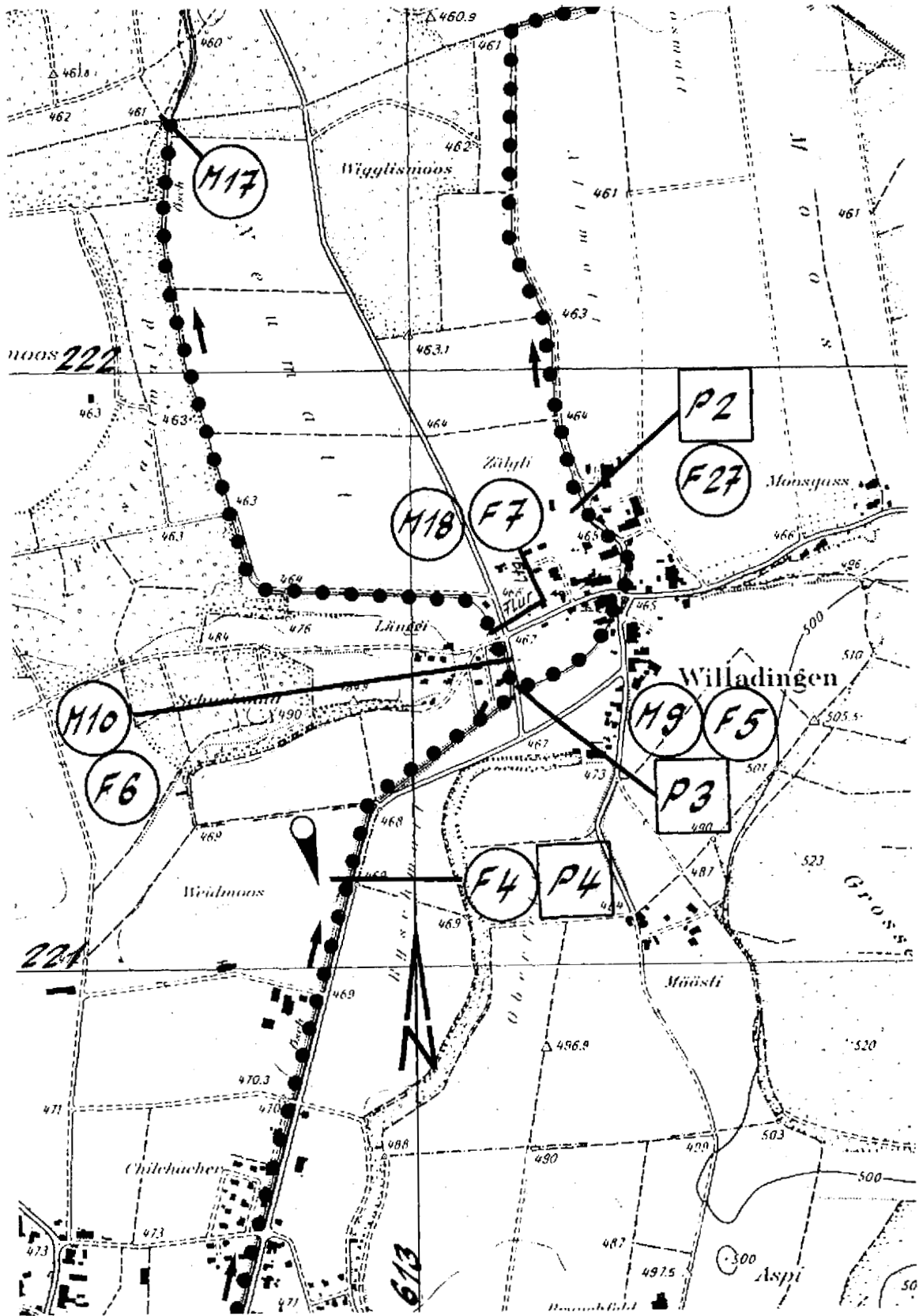


Abbildung 5
Kartenausschnitt 1:10'000

9.2 Erste Abflussmessung (Juni - September)

Der Zeitpunkt hängt vom jeweiligen hydrologischen Regime des Gewässersystems ab. Es kann nur nach einer längeren Trockenperiode gemessen werden (ca. eine Woche vorher niederschlagsfrei); im Durchschnitt sind das ca. 14 Einzeltage pro Jahr.

A) Vorgehen im Feld:

- Beim obersten Gewässerpegel mit den Messungen beginnen.
- Anhand der gemessenen Abflussmenge kann abgeschätzt werden, ob die Abflussmenge Q_{347} von 50l/s an dieser Stelle unterschritten wird. Mit der Reihenfolge der Messungen in Fliessrichtung des Gewässers kann anhand der Abflussbilanz festgestellt werden, ob alle Wasserzuflüsse bis zur Messstelle erfasst wurden.
 - Die Messstellen mit M1, M2, etc. auf der Karte bezeichnen (→ Abb. 5).
 - Die Fotos mit F1, F2, etc. bezeichnen (→ Abb. 5).
- Es ist von Vorteil, das ganze Gewässersystem an einem Tag zu messen. Damit können die Auswirkungen der täglichen Abflussschwankungen verkleinert werden.
- Den Abfluss sofort nach der Messung ausrechnen (z.B. mit Notebook) und mit der vorangegangenen Messung vergleichen (Abflussbilanz). Dies ergibt die Kontrolle, ob alle Zuflüsse erfasst wurden.

B) Messverfahren

Die Abflussmessungen wurden mit dem Messflügel vorgenommen (→ [7]):

Messquerschnitt: Der Messquerschnitt soll in einem geraden, ruhigen Fliessbereich mit möglichst wenig Turbulenzen gewählt werden. Die Ufer sollten möglichst glatt und steil abfallend sein. Wo möglich sind künstliche Gerinneprofile zu bevorzugen. Der Messquerschnitt und die oberliegende Fliessstrecke ist allenfalls von störenden Steinen, Holz usw. zu säubern.

Messprofil: Zur Einteilung und Vermassung des Messquerschnittes ist eine Messlatte oder ein ähnliches Hilfsmittel über das Gerinne zu legen. Der Nullpunkt liegt immer über der Wasserlinie des rechten (in Fliessrichtung) Ufers. Je nach Gewässerbreite wird alle 0.2 m bis 0.5 m ein Messprofil angesetzt, in jedem Fall aber mindestens deren fünf. Das zweite und das vorletzte Profil sollten nicht mehr als 0.1 m - 0.2 m vom Ufer entfernt sein. Die Verteilung der Messprofile soll nicht schematisch nach gleichen Abständen, sondern unter Berücksichtigung der Abfluss- und Sohlenverhältnisse geschehen (→ Abb. 6 und Tab. 3).

Flügelmessung: Mit modernen Messgeräten kann die durchschnittliche Fliessgeschwindigkeit über das Messprofil in einem Arbeitsgang gemessen werden. Gemessen wird entweder im Wasser stehend oder von einem Hilfssteg aus, immer Blickrichtung flussaufwärts. Für jedes Profil, ausser dem ersten und letzten, wird der Uferabstand vom rechten Ufer (d.h. vom Beobachter aus gesehen das linke Ufer), die Wassertiefe und die mittlere Fliessgeschwindigkeit des betreffenden Profils in einem Messprotokoll festgehalten (→ Tab. 4). Für das erste und letzte Profil (Wasserlinie) entfällt die Geschwindigkeitsmessung. Für jedes Profil wird die Fliessgeschwindigkeit dreimal

gemessen. Pro Geschwindigkeitsmessung wird das Profil gleichmässig fünfmal durchfahren.

Uferkoeffizienten: Für das zweite und das vorletzte Profil muss ein Uferkoeffizient (UK) abgeschätzt werden, welcher festlegt, bis zu welchem Grad die Geschwindigkeitsmessung der beiden ufernahen Profile für die ganzen Restflächen bis zum Ufer Gültigkeit haben. Ein Uferkoeffizient von 0.9 für ein glattes (0.5 für ein rauhes, kiesiges) Ufer bedeutet, dass die Fließgeschwindigkeit des zweiten (und vorletzten) Profils zu 90% (50%) für die restliche Fläche bis zum Ufer gilt.

Berechnung: Die Messresultate können mit einem Taschenrechner, Notebook oder auf dem PC mit entsprechenden Programmen weiterverarbeitet werden.

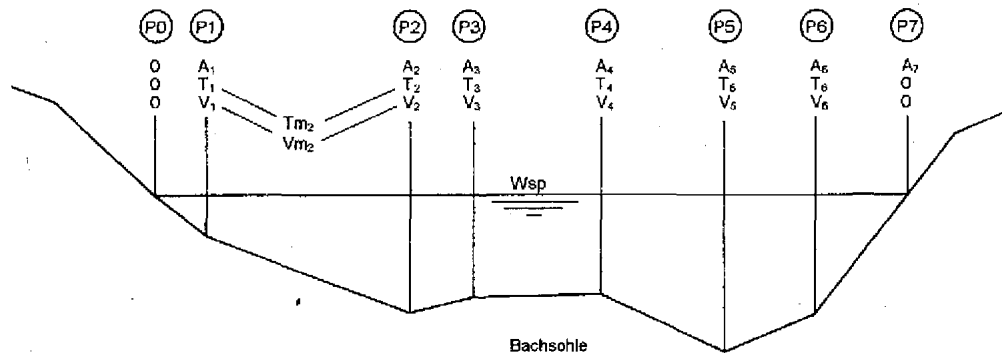


Abbildung 6
Beispiel für die Einteilung der Messprofile über den Messquerschnitt

Profil	Uferabstand	Tiefen	Fließgeschwindigkeit	Mittlere Fließgeschwindigkeit	Mittlere Tiefe	Breiten	Flächen	Teilabflüsse
	A (m)	T (m)	V (m/s)	Vm (m/s)	Tm (m)	B (m)	F (m ²)	Q (m ³ /s)
Profil 0	-	-	-	-	-	-	-	-
Profil 1	A ₁	T ₁	V ₁	=UK ₀ ·V ₁	=T ₁ /2	=A ₁	=Tm ₁ ·B ₁	=Vm ₁ ·F ₁
Profil 2	A ₂	T ₂	V ₂	=(V ₁ +V ₂)/2	=(T ₁ +T ₂)/2	=A ₂ -A ₁	=Tm ₂ ·B ₂	=Vm ₂ ·F ₂
Profil 3	A ₃	T ₃	V ₃	=(V ₂ +V ₃)/2	=(T ₂ +T ₃)/2	=A ₃ -A ₂	=Tm ₃ ·B ₃	=Vm ₃ ·F ₃
Profil 4	A ₄	T ₄	V ₄	=(V ₃ +V ₄)/2	=(T ₃ +T ₄)/2	=A ₄ -A ₃	=Tm ₄ ·B ₄	=Vm ₄ ·F ₄
Profil 5	A ₅	T ₅	V ₅	=(V ₄ +V ₅)/2	=(T ₄ +T ₅)/2	=A ₅ -A ₄	=Tm ₅ ·B ₅	=Vm ₅ ·F ₅
Profil 6	A ₆	T ₆	V ₆	=(V ₅ +V ₆)/2	=(T ₅ +T ₆)/2	=A ₆ -A ₅	=Tm ₆ ·B ₆	=Vm ₆ ·F ₆
Profil 7	A ₇	-	-	=UK ₁ ·V ₇	=T ₇ /2	=A ₇ -A ₆	=Tm ₇ ·B ₇	=Vm ₇ ·F ₇

Tabelle 3
Berechnung der Abflussmenge (Messquerschnitt gemäss Abb. 6)

Sicherung von Rest- und Dotierwassermengen

Erstmessung (Abflussmessung)

Datum: 21.08.94 Zeit: von 14.50 bis 15.30 Uhr Messung: Bul/Dän

Bach: Ausleitung Dorfbach Gemeinde: Willadingen

Messtelle Nr.: M9 Koordinaten: 631'170 / 211'450

Foto Nr.: F5

Abfluss: 170 l / s oder 10200 l/MinQuerschnitt: 0.75 m² Mittlere Fließgeschwindigkeit: 0.23 m / s

Ufer Koeff 0 0.5 (0 bis 1) Wassertemperatur: 17.5 °C

Ufer Koeff X 0.5 (0 bis 1)

	Ufer- abstand (m)	Wasser- tiefe (m)	1. Mes- sung (m/s)	2. Mes- sung (m/s)	3. Mes- sung (m/s)	Mess- geschwind- igkeit	Mittlere Geschwind- igkeit	Mittlere Tiefe (m)	Breite (m)	Fläche (m ²)	Abfluss (m ³ /s)
Ufer 0	0.40	0.00									
Profil 1	0.65	0.23	0.18	0.21	0.20	0.19	0.1425	0.115	0.25	0.029	0.0041
Profil 2	0.90	0.29	0.24	0.23	0.24	0.24	0.2150	0.260	0.25	0.065	0.0140
Profil 3	1.20	0.32	0.25	0.26	0.25	0.25	0.2450	0.305	0.30	0.092	0.0224
Profil 4	1.50	0.35	0.28	0.29	0.28	0.28	0.2650	0.335	0.30	0.101	0.0266
Profil 5	1.80	0.36	0.29	0.29	0.30	0.30	0.2875	0.355	0.30	0.107	0.0306
Profil 6	2.10	0.37	0.26	0.26	0.26	0.26	0.2775	0.365	0.30	0.110	0.0304
Profil 7	2.40	0.35	0.22	0.21	0.19	0.21	0.2325	0.360	0.30	0.108	0.0251
Profil 8	2.60	0.34	0.19	0.17	0.18	0.19	0.1950	0.345	0.20	0.069	0.0135
Profil 9	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0925	0.170	0.40	0.068	0.0063
Profil 10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.000	0.0000
Profil 11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.000	0.0000
Profil 12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.000	0.0000
Profil 13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.000	0.0000
Profil 14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.000	0.0000
Profil 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.000	0.0000
Profil 16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.000	0.0000
Profil 17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.000	0.0000
Profil 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.000	0.0000

Bemerkungen:

Ausleitung stark verkrautet

B+S Ingenieur AG

24.8.94/OESCH9.XLS

87.012 Dän

Tabelle 4
Beispiel eines Messprotokolles mit Auswertung

Die erhaltenen Resultate auswerten und falls vorhanden mit dem Abfluss einer geeigneten Messstation am gemessenen Tag vergleichen resp. Resultate eichen. Dies kann z.B. in Tabellenform erfolgen (→ Tab. 5).

Vom wissenschaftlichen Standpunkt aus müsste man mehrere Messungen durchführen. Die Praxis zeigt jedoch, dass mit einer Messung die ungefähren Abflussverhältnisse als Ausgangswassermenge zur Bestimmung der Dotierwassermenge genügend erfasst werden.

9.3 Festlegen der Dotierwassermenge (Oktober - November)

Das Schätzen einer Abflussmenge in einem Fließgewässer ist sehr ungenau, Schätzfehler von über 100% sind bei kleinen Wassermengen durchaus möglich. Dies erschwert entsprechend das Festlegen der Dotierwassermenge, weil es schwierig ist die Dotierwassermenge (Quantität) am Gewässer in der Natur (vor Ort) zu visualisieren. Wie wirkt das Gewässer bei einem Abfluss von 50l/s, 80l/s, 150l/s etc.? Wie gross muss die Abflussmenge sein, um den Anforderungen der Natur gerecht zu werden? Die Abflussmenge ist wohl messtechnisch eine genau quantifizierbare Grösse, die in einem Messkanal oder in einem definierten Messquerschnitt relativ genau erfasst werden kann, in der Natur jedoch ändern Bachbettbreite, Sohlgefälle, hydraulische Rauigkeit des Bachbettes fortlaufend.

Auf Grund der untersuchten Gewässer wurde festgestellt, dass in den meisten Fällen nicht die Mindestmenge nach Artikel 31, Absatz 1 GSchG massgebend ist, sondern die Wassertiefe (Wassertiefe für die Fischwanderung) im Bachabschnitt ist ausschlaggebend für die notwendige Dotierwassermenge (Anforderungen von Art. 31 Abs. 2 Bst. d GSchG).

Zum Festlegen einer sinnvollen Dotierwassermenge hilft der visuelle Eindruck bei der Erstmessung. Ausgehend von den Abflussverhältnissen der Erstmessung können z.B. folgende Fragen gestellt werden:

- Genügen die Abflussverhältnisse, wie sie bei der Erstmessung beobachtet wurden, den Anforderungen nach Artikel 31, Absatz 2 GSchG?
- Muss mehr Wasser im Gewässer belassen werden damit alle ökologischen Bedingungen erfüllt sind?
- Um wieviel muss der Wasserspiegel angehoben werden damit die ökologischen Bedingungen immer noch gewährleistet sind?
- Welche Abflussmenge entspricht dieser angehobenen Wassertiefe?

Oder:

- Sind die ökologischen Bedingungen auch mit einem kleineren Abfluss gewährleistet?
- Um wieviel darf der Wasserspiegel sinken, damit die ökologischen Bedingungen immer noch gewährleistet sind?
- Welche Abflussmenge entspricht dieser abgesenkten Wassertiefe?
- Ist die Mindestmenge nach Artikel 31, Absatz 1 GSchG noch eingehalten?

Aus diesen Überlegungen heraus kann die quantitative Grösse der Dotierwassermenge abgeschätzt werden. Eine genauere Dotierwassermenge kann jedoch erst

nach dem Setzen der Gewässerpegel, bei den Eichmessungen, bestimmt werden. Dieselben Überlegungen gelten auch für Gewässerverzweigungen.

Folgende Tabelle gibt eine Übersicht der Messwerte für das Beispiel der Ösch, der Umrechnung zum Q_{347} , die Berechnung der Mindestmenge und die Festlegung der Dotierwassermengen:

Messstelle	M	Gewässer km	Q_{Erst} (l/s)	Q_{Sum} (l/s)	Q_{Sum} ausgeglt. (l/s)	Red. Faktor	$Q_{347(85-93)}$ gerechnet (l/s)	Q_{347} ausgeglt. (l/s)	Q_{min} Abs.1 (l/s)	Q_{Dot} (l/s)
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
Bütikofen	M1	9.8	70	70	75	0.72	54	55	50	60
Ersigen	M2	6.5	77	77	75	0.72	54	55	50	55
Niederösch	M4	6.2	72	72	75	0.72	54	55	50	50
Zufl. Chänerechbach	M5	5.5	105	177	180	0.72	130	130	106	110
Zufl. Wynigenbach	M7	4.2	125	302	305	0.72	220	220	156	180
Messstation Ösch*	A031	1.9	-	305*	305*	0.72	220**	220**	156	170
Ausltg. Dorfbach	M9	1.5	170	135	135	0.72	97	100	82	85
Ösch nach Ausltg.	M10	1.5	136	136	135	0.72	97	100	82	85
Zufluss Flurfeitung	M18	1.5	240	376	375	0.72	271	275	180	260
Kant. Grenze zu SO	M17	0	380	380	375	0.72	271	275	180	240

* Wasserabflussmenge der Station am Tag der Messungen

** aus dem hydrologischen Jahrbuch 1993

Tabelle 5

Abflussmessungen (Längenabflussprofil und Situation → Abb. 7 und 8)

- ① Spalte mit den Messstellen von der Karte 1:10'000.
- ② Gewässerkilometer beginnend bei der Kantonsgrenze (sonst bei der Einmündung in das nächst grössere Gewässer).
- ③ Resultate der ersten Abflussmessung.
- ④ Aufsummierte Abflussmenge (Abflussbilanz) an der gemessenen Stelle.
- ⑤ In dieser Spalte werden die Messungen aus Spalte ③ anhand des Abflusswertes der Messstation(en) und den Abflussmessungen (z.B. M1-M4, M9-M17) über die Gewässerlänge ausgeglichen (Ausgleich messtechnischer Ungenauigkeiten).
- ⑥ Mit dem Reduktionsfaktor wird der gemessene Abfluss Q_{Erst} in das Q_{347} umgerechnet. Der Reduktionsfaktor (0.72) wurde berechnet mit dem Q_{347} der Abflussmessstation der Periode 1985 - 1993 (220 l/s), dividiert durch die Wasserabflussmenge der Station am Tag der Messungen (305 l/s). Die gemessene Abflussmenge ist nicht zwingend auf der ganzen Gewässerlänge proportional zum Q_{347} . Bei der Reduktion der gemessenen Abflussmenge sind örtlich die Austrocknung kleiner Seitenbäche oder Grundwasserspiegelschwankungen zu berücksichtigen, wobei der Einfluss letzterer schwierig abzuschätzen ist und bei der proportionalen Umrechnung meist recht gut berücksichtigt wird.
- ⑦ In dieser Spalte sind die aus der Erstmessung berechneten Abflussmengen Q_{347} eingetragen (Spalte ④ multipliziert mit Spalte ⑥).
- ⑧ In dieser Spalte sind die aus den ausgeglichenen Abflussmengen berechneten Abflussmengen Q_{347} eingetragen (Spalte ⑤ multipliziert mit Spalte ⑥). Der Vergleich der Spalten ⑦ und ⑧ zeigt, dass in diesem Fall die Differenzen zwischen

dem Abfluss vor dem Ausgleichen und nach dem Ausgleichen mit der Umrechnung stark reduziert werden, also der Einfluss des Ausgleichens klein ist.

- ⑨ In dieser Spalte sind die Mindestmengen nach Artikel 31, Absatz 1 GSchG eingetragen.
- ⑩ Für die Festlegung der Dotierwassermenge konnte kein allgemeingültiges Rezept erarbeitet werden. An jedem Gewässer werden andere Bedürfnisse festgestellt, die im Einzelfall geregelt werden müssen. Es ist wichtig zu erkennen, dass die Wasserentnahmebedürfnisse nur einen Teilaspekt der Dotierwassermenge bildet und andere "Bedürfnisse" wie Versickerungstrecken, Fischereibelange, Abwasser verdünnungsverhältnisse etc. auch bei der Festlegung der Dotierwassermenge zu berücksichtigen sind.

Zur besseren Verständlichkeit der Daten empfiehlt sich die Darstellung als Abflusslängenprofil. Das Abflusslängenprofil zeigt die verschiedenen Abflussmengen im Gewässer bezogen auf ihre Lage im Situationsplan. Die Grössenordnungen der verschiedenen Abflüsse können mit einem Blick erfasst und miteinander verglichen werden.

Anhand dieser Angaben kann z.B. die örtlich nutzbare Wassermenge abgelesen werden. Zudem wird ersichtlich, von welcher Stelle an das Gewässer eine Abflussmenge Q_{347} gleich 50 l/s erreicht, was der Abgrenzung zwischen Gewässer der Kategorie B bzw. C entspricht (→ Kap. 5.3 "Aufteilung der Gewässer in Kategorien").

Beim Aufzeichnen des Abflusslängenprofils treten manchmal Unsicherheiten auf, hauptsächlich in Bezug auf Grundwasser (Infiltrationen und Exfiltrationen). In solchen Fällen können weitere Abflussmessungen Klarheit schaffen. Zusätzlich können, falls vorhanden, hydrogeologische Publikationen (z.B. Schriftenreihe "Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern") die Ergebnisse einer Abflussmessreihe qualitativ bestätigen.

Im Beispiel der Ösch wird aus dem Längenprofil ersichtlich, dass dieses Gewässer ab der Ortschaft Bütikofen in Trockenzeiten zur Gebrauchswasserentnahme freigegeben werden kann (Abflussmenge Q_{347} grösser als Dotierwassermenge; → Abb. 7 und 8).

Bis zur Einmündung des Chänerechbaches ist keine messbare Zunahme des Abflusses ersichtlich, deshalb sind in Trockenzeiten in diesem Abschnitt Gebrauchswasserentnahmen problematisch. Durch den Zufluss des Chänerechbaches wird eine kleine Menge Gebrauchswasser frei.

Zwischen der Einmündung des Wynigenbaches und der Ausleitung in den Dorfbach Willadingen hängt der Abfluss der Ösch vom Grundwasserspiegel ab. Bei hohem Grundwasserspiegel (Exfiltration vom Grundwasser in den Bach) werden Gebrauchswasserentnahmen unproblematisch sein resp. bei niederem Grundwasserspiegel (Infiltration aus Bach ins Grundwasser) könnten Gebrauchswasserentnahmen problematisch sein; dieser Fall wäre vor allem im Spätsommer zu erwarten.

Ab Willadingen ist hauptsächlich eine Exfiltration vom Grundwasser in den Bach zu erwarten. In Trockenzeiten sollten deshalb Gebrauchswasserentnahmen möglich sein.

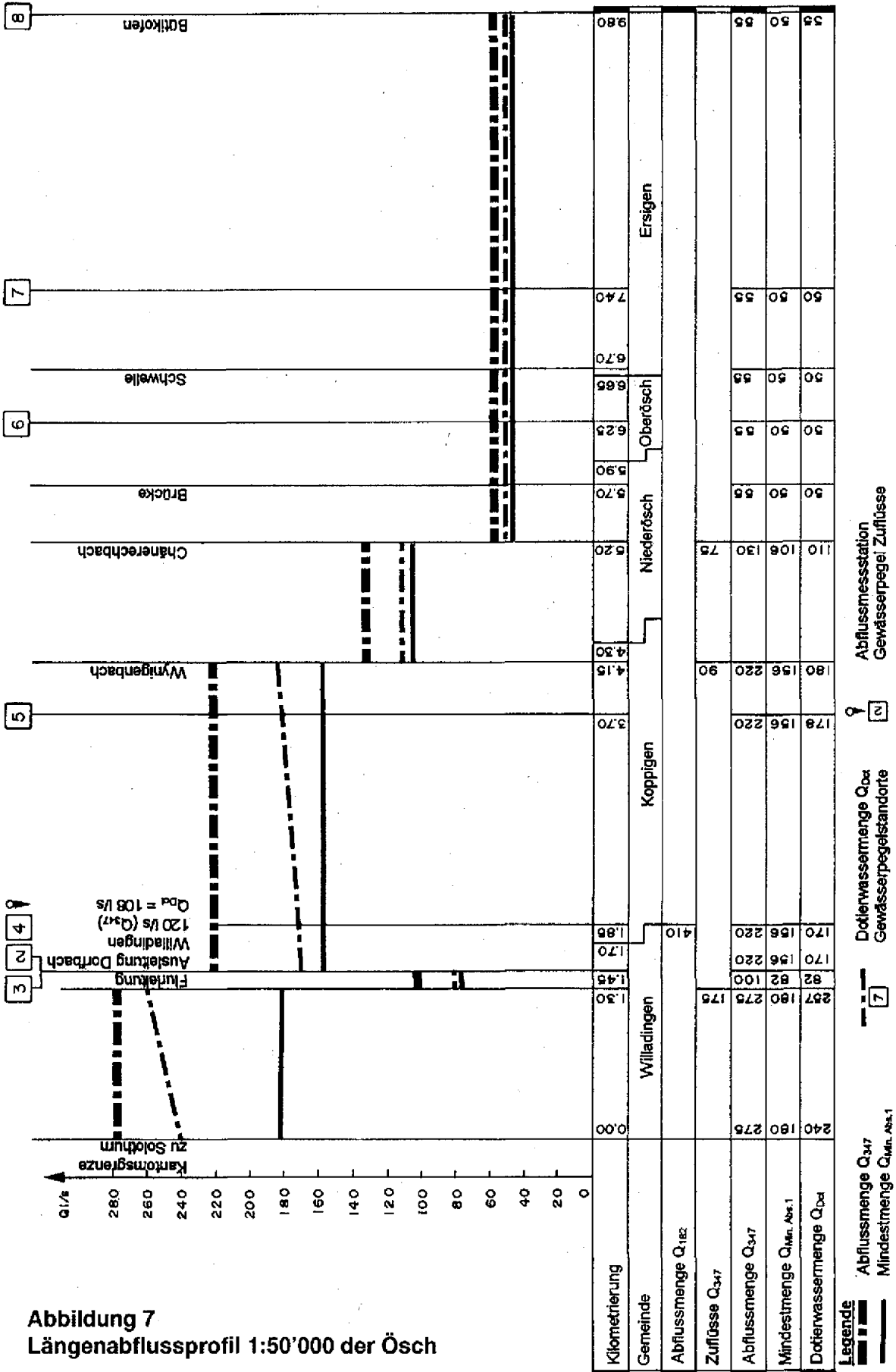


Abbildung 7
Längenabflussprofil 1:50'000 der Ösch

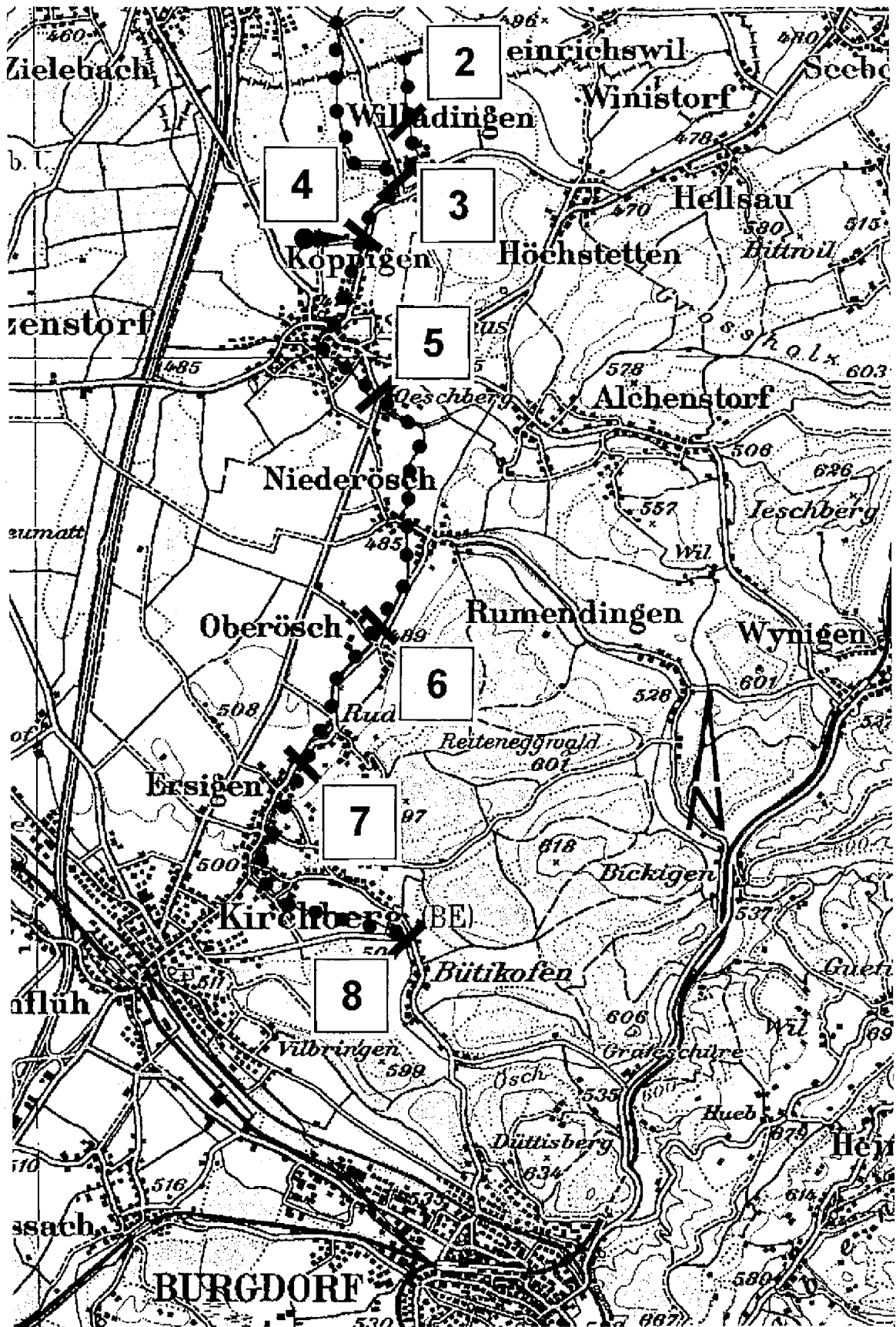


Abbildung 8
 Situation 1:50'000 der Ösch

9.4 Bericht (Oktober - November)

Da Berichte in vielfältiger Weise gestaltet werden können, sei hier als Beispiel das Inhaltsverzeichnis zum Bericht der Ösch wiedergegeben:

INHALTSVERZEICHNIS

1. Ausgangslage

- 1.1 Anlass
- 1.2 Begriffe
- 1.3 Massnahmen

2. Hydrologisches Regime

- 2.1 Kenngrössen des Einzugsgebietes
- 2.2 Abflussregime

3. Gewähltes Vorgehen zum Bestimmen der Wassermengen

4. Ösch

- 4.1 Gewässersystem
- 4.2 Messstationen, Wassermessungen
- 4.3 Ökologische Aspekte
- 4.4 Abflusslängenprofil
- 4.5 Vorgesehene Gewässerpegel

5. Wynigenbach

- 5.1 Gewässersystem
- 5.2 Messstationen, Wassermessungen
- 5.3 Ökologische Aspekte
- 5.4 Abflusslängenprofil
- 5.5 Vorgesehene Gewässerpegel

6. Chänerechbach

- 6.1 Gewässersystem
- 6.2 Messstationen, Wassermessungen
- 6.3 Ökologische Aspekte
- 6.4 Abflusslängenprofil
- 6.5 Vorgesehene Gewässerpegel

Anhänge

- Situation 1:50'000
- Abflusslängenprofil 1:10'000 Ösch
- Abflusslängenprofil 1:10'000 Wynigenbach
- Abflusslängenprofil 1:10'000 Chänerechbach
- Pegelblätter (→ Anhang II)
- Dauerkurve Ösch
- Musterpegel

Es empfiehlt sich, jeweils einen Vorabzug des Berichtes den zuständigen kantonalen Stellen in die Vernehmlassung zu geben (Fischereiinspektorat, Wasserbauingenieur, usw.).

9.5 Information der Gemeinden (Dezember - Februar)

Bei der Information aller Beteiligten hat sich ein Zweistufensystem bewährt. In der ersten Informationsrunde werden vor allem die Gemeinden, landwirtschaftliche Vereine und Wässerungsvereinigungen über das Vorhaben angesprochen. In einer zweiten Informationsrunde, nachdem die Gewässerpegel gestellt wurden, erfolgt die Information aller Wasserbezüger (→ Kap. 9.8 "Definitives Pegelblatt und Information aller Betroffenen").

An einer Orientierungsversammlung (45 - 60 Min.) werden alle Anstössergemeinden etc. über die gesetzlichen Grundlagen, über das Konzept im allgemeinen und über das Projekt ins Bild gesetzt. Anschliessend werden die einzelnen Gewässerpegelstandorte mit den betroffenen Gemeinden besichtigt. Bei dieser Gelegenheit können die Standorte mit den Gemeindevertretern besprochen und, falls nötig, mit zusätzlichen Gewässerpegeln ergänzt werden.

9.6 Erstellen der Gewässerpegel (März - Mai)

A) Bestimmen der Gewässerpegeltypen

Nachdem die Gewässerpegelstandorte bereinigt wurden, gilt es für jeden Standort den geeigneten Gewässerpegeltyp festzulegen. Da einfache Pegellatten mit Kontrollmarke das günstigste Kosten-Nutzen Verhältnis aufweisen, sollten hauptsächlich diese angestrebt werden. Ist das Bachgerinne im Verhältnis zur Dotierwassermenge breit, d.h. die Dotierwasserhöhe würde nur einige cm betragen, empfiehlt sich ein Gewässerpegel in der Art eines Dotierwasserausschnittes.

Ausser dem günstigen Kosteneffekt hat der Lattenpegel den Vorteil der flexiblen Festlegung der Dotierwasserhöhe. In abflussschwachen Gerinnen wird manchmal bei der Eichmessung festgestellt, dass die Dotierwassermenge (deren Basis unter anderem die Mindestmenge nach Art. 31 Abs. 1 GSchG, also eine rechnerische Grösse ist) zu niedrig angesetzt wurde, z.B. wenn bei einer Dotierwassermenge von 60 l/s eine Wassertiefe von ca. 15 cm resultiert, die Fischwanderung aber eine Wassertiefe von 20 cm voraussetzt. In diesem Fall kann die Kontrollmarke ohne zusätzliche Aufwendungen höher befestigt werden. Falls die Pegellatte nicht für Abflussmengenmessungen (Abflussmessstation) benützt wird, muss sie nicht zwingend senkrecht montiert sein. (Es ist möglich, spezielle Pegellatten zu bestellen, bei denen die Höhenskala die Pegelneigung berücksichtigt). Bei schräg montierten Pegellatten muss bei der "Eichmessung" die Lattenneigung berücksichtigt werden.

Bei der Festlegung der Grösse des Dotierwasserausschnittes ist meistens nicht die Durchflussmenge massgebend, sondern der minimale Wasserquerschnitt ist vielfach durch die Fischwanderung bestimmt. Mit hydraulischen Formeln kann in einem ersten Schritt wohl die ungefähre Grösse des Fliessquerschnittes bestimmt werden, aber in einem zweiten Schritt muss mit dem Fischereifachmann die Form des Ausschnittes bereinigt werden.

Vor allem in den unteren Bereichen der Mindestmenge, d.h. zwischen 50 l/s und 200 l/s sind vielfach nicht die berechneten Mindestmengen massgebend, sondern die örtlichen Verhältnisse (Gewässerbite, Fliessgeschwindigkeit, Fischarten, etc.) bestimmen die Abflussquerschnitte bei den Gewässerpegeln.

B) Administrative Arbeiten

- Leistungsverzeichnis der Bauarbeiten erstellen, Angebote einholen etc.
- Fischereipolizeiliche Bewilligung einholen.
- Wasserbaupolizeiliche Bewilligung einholen.

C) Anregungen zur Submission

Die Lieferung der Pegellatten, der Kontrollmarken und der Beschriftungstafeln bauseits ausschreiben. Manche Pegellattenhersteller liefern Pegellatten in verschiedenen Längen; mit einem Grundlager der Längen: 50 cm, 70 cm und 100 cm können die meisten Gewässerpegel abgedeckt werden.

D) Anregungen zur Bauleitung

Obwohl es sich beim Setzen der Gewässerpegel meist nicht um eine hochqualifizierte Wasserbauarbeit handelt, sind die meisten Unternehmungen nicht mit dieser Tätigkeit vertraut. Vor dem Baubeginn lohnt sich eine eingehende Besichtigung der Pegelstandorte mit dem Unternehmer um die Baudetails (Lage, Höhe, Art der Befestigung, Art der Unterlage) der Pegellatten zu erörtern. Die Bemerkungen können zum Beispiel mit einem Klebeband direkt auf der jeweiligen Pegellatte angebracht werden.

→ Vor der "Eichmessung" kontrollieren, ob alle Gewässerpegel korrekt gesetzt wurden!

Für den Unterhalt der Pegel ist es angezeigt, die Höhenlage des Gewässerpegelnullpunktes zu nivellieren. Dies vereinfacht den Ersatz eines beschädigten Gewässerpegels zu einem späteren Zeitpunkt.

9.7 Abflussmessung zur "Eichung der Gewässerpegel" und Setzen der Dotierwassermarken (Juni - November)

Nachdem die Gewässerpegel gesetzt wurden, sollte eine Abflussmessung zur Festlegung der Lage der Kontrollmarke erfolgen (Vorgang → Kap. 9.2 B "Messverfahren"). Der ideale Zeitpunkt wäre, wenn im Gewässer gerade die Dotierwassermenge fließt, was jedoch selten der Fall sein wird. Deshalb gilt es vor der Messung die nötigen hydraulischen Formeln für die Umrechnung der gemessenen Abflussmenge in die Dotierwassermenge zusammenzustellen, damit bei den Feldaufnahmen die massgebenden Daten erhoben werden können. Vielfach genügt zur Umrechnung die Fließformel von Strickler. Bei Überfällen oder eingestauten Gewässerpegeln sind jedoch andere Formeln zu wählen (→ [8], [9], [10], [11] etc.).

Die Abflussmessungen beim Gewässerpegeltyp mit Ausschnitt dienen der Kontrolle. Je nach der Ausbildungsart des Ausschnittes (Holz, Metall) kann der Ausschnitt manchmal noch angepasst werden.

Bevor die Resultate dem Unternehmer zur Fertigstellung der Gewässerpegel zugestellt werden, ist es ratsam mit den entsprechenden Fachorganen, meist dem Fischereiaufseher, das Ergebnis im Feld zu überprüfen.

Anschließend sind die Resultate dem Unternehmer zum Setzen der Kontrollmarken zuzustellen. Als ideal hat sich ein Vorabzug des definitiven Pegelblattes erwiesen.

9.8 Definitives Pegelblatt und Information aller Betroffenen (Dezember - Februar)

Als Abschluss der Arbeiten ist es sinnvoll, eine Gewässerübersicht mit allen gesetzten Gewässerpegeln und ein definitives Pegelblatt herzustellen und in einer Schlussdokumentation zusammenzustellen. In der Schlussdokumentation sollten auf einem Situationsplan der von der Restwasserbeschränkung betroffene Abschnitt des Gewässers markiert und die Gewässerpegelstandorte eingetragen werden. Zu jedem Gewässerpegel wird ein Datenblatt mit den wichtigsten Informationen erstellt und eine "Gebrauchsanweisung" zu den Gewässerpegeln mitgeliefert (→ Anhänge III-V).

Die Schlussdokumentation dient den übergeordneten Behörden als Übersicht über das Gewässer. Sie informiert jede Gemeinde über die lokalen Bedingungen im Rahmen des gesamten Gewässers.

Ziel der zweiten Begehung ist die Information aller von den Massnahmen Betroffenen, insbesondere allen Wasserbezügern. An einer Begehung aller Gewässerpegelstandorten werden die Gewässerpegel erläutert.

Literatur

- [1] *Bundesgesetz vom 24. Januar 1991 über den Schutz der Gewässer*
(Gewässerschutzgesetz, GSchG)
- [2] *Erläuternder Bericht zur Revision des Bundesgesetzes über den Schutz der Gewässer*
Eidg. Departement des Innern; November 1984
- [3] *Botschaft vom 29. April 1987 zur Volksinitiative «Zur Rettung unserer Gewässer» und zur Revision des Bundesgesetzes über den Schutz der Gewässer*
- [4] *Hydrologischer Atlas der Schweiz*
M. Spreafico, R. Weingartner, C. Leibundgut; 1992 und 1995
- [5] *Zur Abschätzung der Abflüsse in ungemessenen schweizerischen Einzugsgebieten*
Hugo Aschwanden; Geographisches Institut der Universität Bern, Abt. Physikalische Geographie-Gewässerkunde, Publikation Gewässerkunde Nr 65, 1985.
- [6] *Die Niederwasserabflussmenge Q_{347} - Bestimmung und Abschätzung in alpinen schweizerischen Einzugsgebieten*
H. Aschwanden; Landeshydrologie und -geologie, Mitteilung Nr. 18, 1992.
- [7] *Abflussmessung mit Kleinmessflügel*
Fischereiinspektorat des Kantons Bern
- [8] *Abflussmessungen an kleinen Fliessgewässern Neue Mess- und Auswertmethoden im Kanton Zürich*
H. Kaspar; SIA Nr. 38, 14. September 1995
- [9] *Abfluss über Wehre und Überfälle*
Abriss der Hydraulik Band 4, Prof. Dr.-Ing. P.G. Franke, Bauverlag Wiesbaden und Berlin
- [10] *Breitkroniger Überfall*
W. Hager; Wasser, Energie, Luft, Jahrgang 1994, Heft 11/12
- [11] *Überfallstrahl*
W. Hager; SIA Nr. 19, 4. Mai 1995

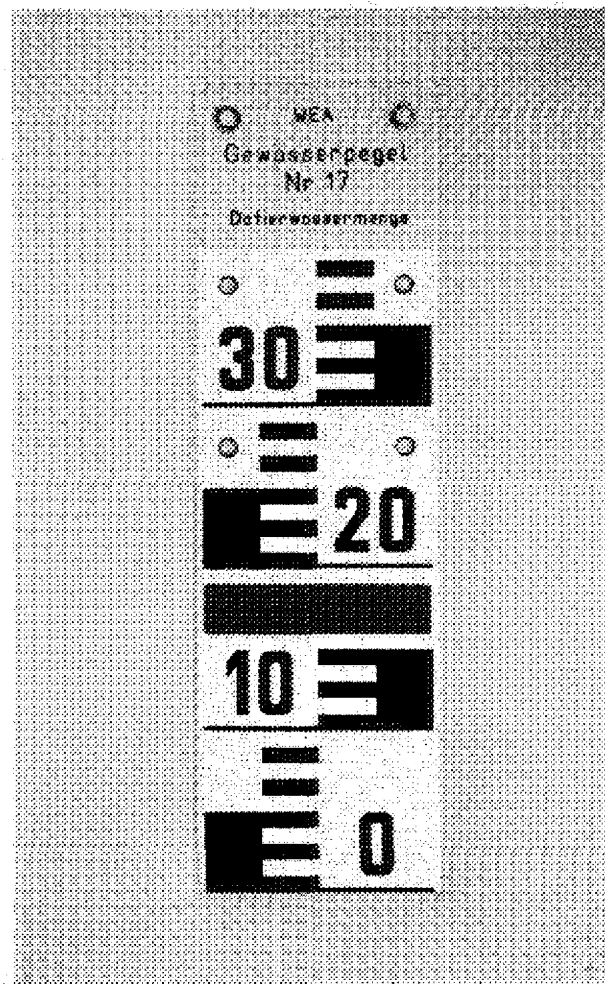
Ergänzende Literatur

- [12] *Die Abflussmenge Q_{347} als Grundlage zur Bestimmung der Restwassermenge*
H. Aschwanden, B. Schädler; Gas - Wasser - Abwasser, Jahrgang 1988, Nr. 9
- [13] *Einsatz von Kurzzeitmessungen zur Bestimmung der Abflussmenge Q_{347}*
H. Aschwanden; Gas - Wasser - Abwasser; Jahrgang 1990, Nr. 1
- [14] *Abflussmessungen in Mittellandbächen - mit Messflügel oder Salzverdünnungsverfahren*
R. Bänziger; Wasser, Energie, Luft, Jahrgang 1994, Heft 10.
- [15] *Handbuch für die Abflussmengenmessung*
Landeshydrologie, Mitteilung Nr. 4, 1982
- [16] *BGE Auszug aus dem Urteil der I. öffentlichen Abteilung vom 24. August*
i.S. Rheinaubund und Mitbeteiligte gegen Bewässerungsgenossenschaft
Schlattingen, Basadingen, Willisdorf und Umgebung und Regierungsrat des Kt.
Thurgau (Verwaltungsgerichtbeschwerde)
BGE 120 I 233
- [17] *Wasserressourcen schonend Nutzen*
M. Baumann; VGL Information Heft Nr. 2, 1996

Anhänge I - V

Muster Pegellatte

Pegellatte



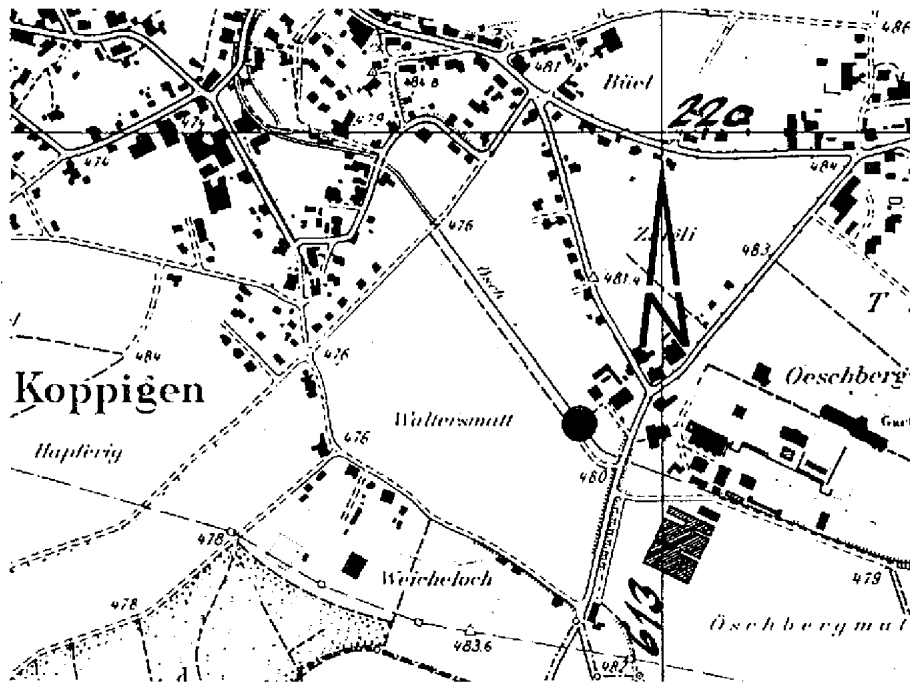
Gewässerpegel Nr.

Kontrollmarke

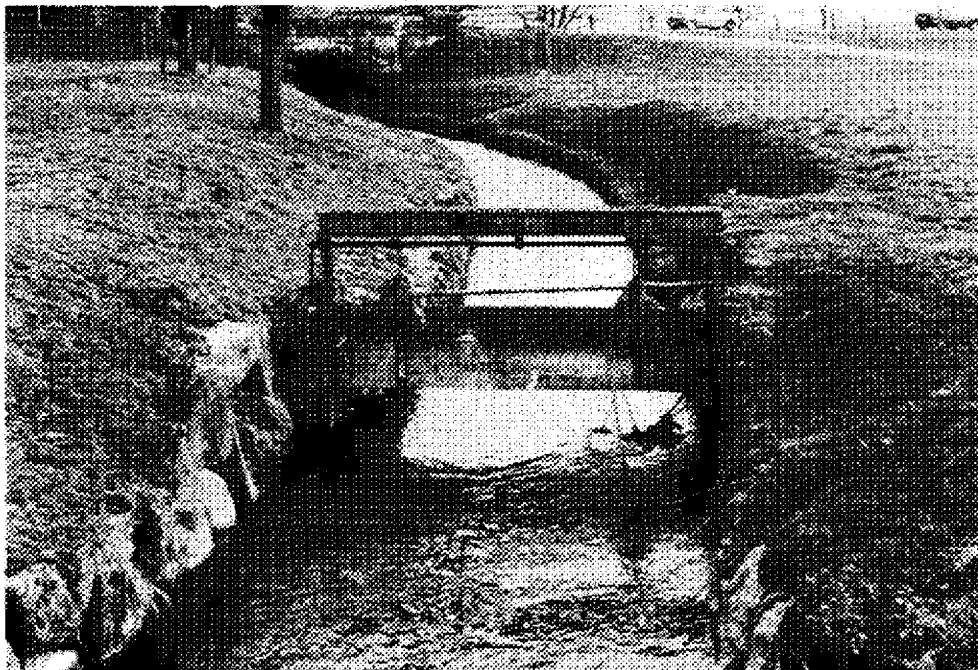
Die Kontrollmarke zeigt die Wasserspiegelhöhe der Dotierwassermenge an. Sobald der Wasserspiegel des Gewässers unterhalb der Kontrollmarke liegt, darf im entsprechenden Gewässerabschnitt die Gebrauchswasser reduziert oder eingestellt werden muss.

Gewässer:	Ösch	Gewässerpegel Nr. 5	Koordinaten:
Gemeinde:	Koppigen	Flurname:	612'895/219'620
Messsystem:	Pegellatte		
Dotierwassermenge:	178 l/s		
Dotierwasserhöhe:			

Kartenausschnitt 1:10'000



Übersichtsfoto



Hinweise zu den Gewässerpegeln

Vor dem Ablesen

Die Ablesung am Gewässerpegel kann durch Algen, Geschiebe, Geschwemmsel usw. beeinträchtigt werden. Deshalb muss vor jeder Ablesung der Pegel zuerst gesäubert werden. Auf der Pegelsohle sind, falls vorhanden, grosse Steine, Aeste und sonstige Hindernisse zu entfernen.

Bedeutung der Kontrollmarken bei den Pegellatten

Wasserspiegel oberhalb der Kontrollmarke	Wasserentnahme bis zur Kontrollmarke möglich.
Wasserspiegel innerhalb der Kontrollmarke	Abfluss des Gewässers im Niederwasserbereich, d.h. bei Wasserentnahmen muss der Pegel regelmässig kontrolliert werden.
Wasserspiegel tiefer als Unterkante der Kontrollmarke	Abfluss im Gewässer nicht mehr genügend, d.h. die Wasserentnahmen müssen bis zur Kontrollmarke gedrosselt oder vollständig eingestellt werden.

Bedeutung des Ausschnittes

Bach überströmt den Ausschnitt	Wasserentnahme bis zum Niveau Oberkante des Ausschnittes möglich.
Bach fliesst nur im Ausschnitt	Abfluss im Gewässer nicht mehr genügend, d.h. die Wasserentnahmen müssen bis zum Niveau Oberkante des Ausschnittes gedrosselt oder vollständig eingestellt werden.

Unterhalt

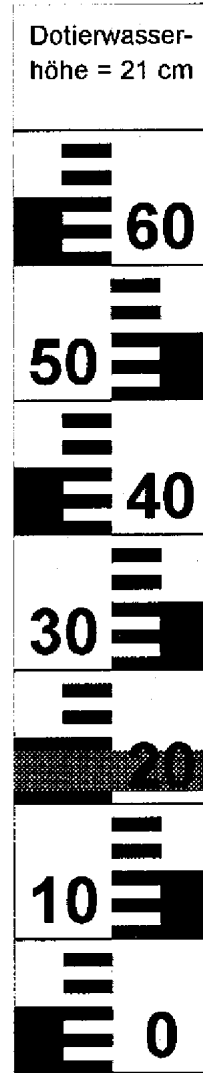
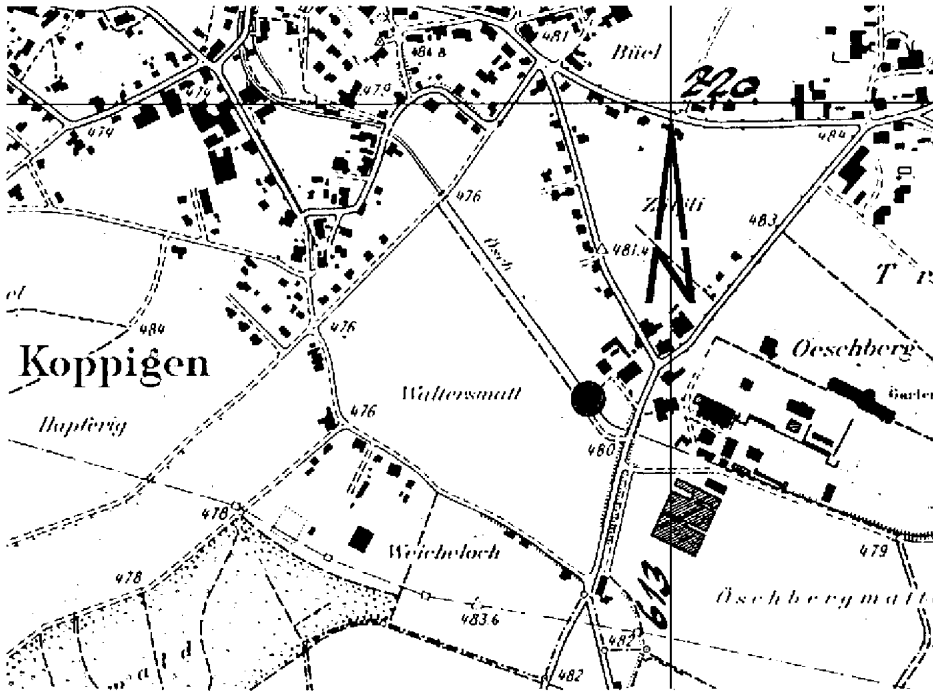
Der Unterhalt der Pegel, ohne die Reinigungsarbeiten für korrektes Ablesen, obliegt dem kantonalen Wasser- und Energiewirtschaftsamt, Reiterstrasse 11, 3011 Bern.

Melden Sie uns bitte allfällige Defekte an den Pegeln oder Abflussmessstationen unter ☎ 031/633 38 33.

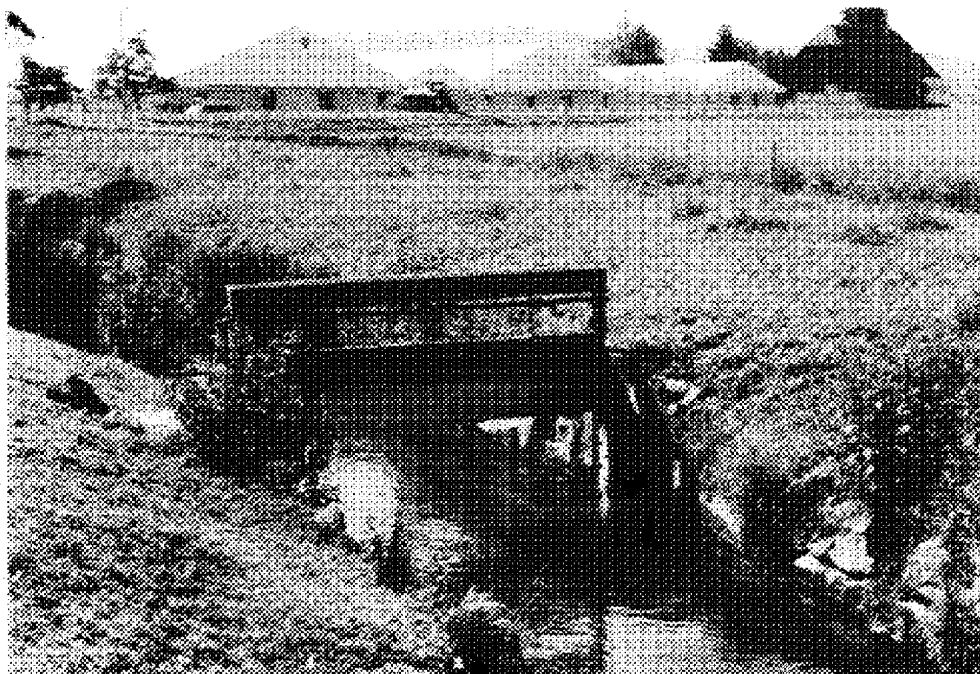
Gewässer: **Ösch**
Gemeinde: **Koppigen**

Gewässerpegel Nr. 5 Dotierwassermenge: 178 l/s
Messsystem: Pegellatte Koordinaten: 612'895/219'620
Karten Nr.: 1127.4

Kartenausschnitt 1:10'000



Übersichtsfoto



Gewässer: **Langeten**
Gemeinde: **Rohrbach**

Gewässerpegel Nr. 10

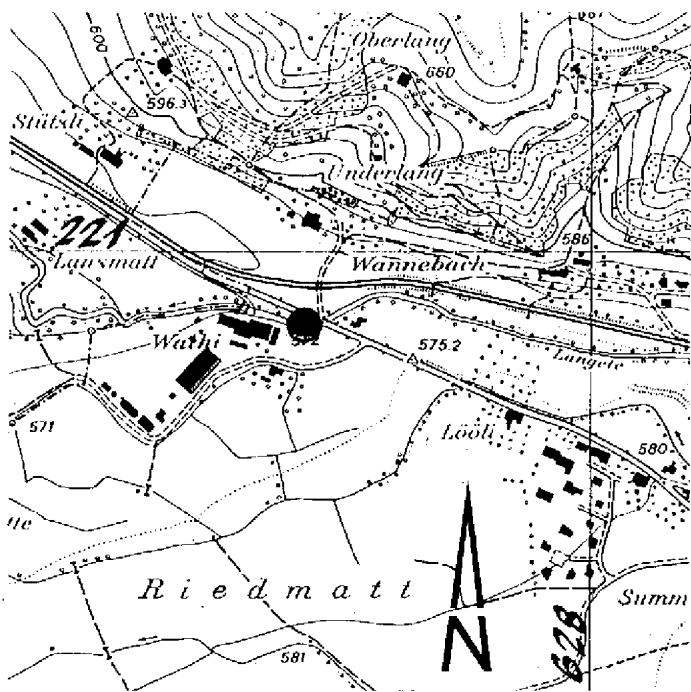
Dotierwassermenge: 830 l/s

Messsystem: Ausschnitt

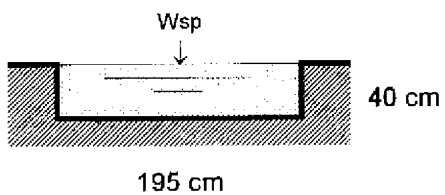
Koordinaten: 627'500/220'950

Karten Nr.: 1128.3

Kartenausschnitt 1:10'000



Dotierwasserausschnitt:



Übersichtsfoto

