Der Einfluss der Trockenlegung

Autor(en): **Bernegger, Jean-Claude / Bloesch, Jürg**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **84 (1992)**

Heft 9

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-940576

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Der Einfluss der Trockenlegung

einer Restwasserstrecke auf die Invertebraten-Besiedlung eines unbelasteten Bergbaches (Muota SZ)

Jean-Claude Bernegger und Jürg Bloesch

Einleitung

Diverse Eingriffe des Menschen wie Einleitung von Abwässern, Verbauungen und Wassernutzung beeinträchtigen die natürliche Lebensgemeinschaft in einem Fliessgewässer. Nach den grossen und erfolgreichen Anstrengungen im qualitativen Gewässerschutz (Bau von Kläranlagen) kommt dem quantitativen Gewässerschutz, insbesondere dem Restwasserproblem, in Zukunft vermehrte Bedeutung zu. Als Restwassermenge wird jene Abflussmenge bezeichnet, die unterhalb einer Wasserentnahmestelle im Fliessgewässer auftritt; sie setzt sich aus der Dotierwassermenge (des Kraftwerkes) und den Zuflüssen unterhalb der Entnahmestelle zusammen und nimmt deshalb bis zur Rückgabestelle stetig zu, es sei denn, natürliche (Karst-) Versickerungen bewirkten eine Abnahme.

Die wissenschaftliche Frage, wieviel Restwasser eine funktionierende Lebensgemeinschaft in einem Fliessgewässer benötigt, ist umstritten und nicht leicht zu beantworten. Dies äussert sich darin, dass verschiedene Ansätze zur Festlegung von Restwassermengen angewendet wurden *(Akeret* 1982, *Bundi* 1989, *Bloesch* 1989, *Schälchli* 1991, *Kiefer & Schälchli* 1991), ohne dass einer dieser Vorschläge allgemeine Gültigkeit erlangen konnte. Diese Probleme sind vor allem dadurch bedingt, dass Fliessgewässer eine besonders ausgeprägte und individuelle ökologische Komplexität und Abflussdynamik aufweisen. Dabei scheint es einfacher zu sein, aufgrund der Habitatsansprüche einzelner Fischarten *(Peter* 1987) Restwassermengen für die Fischfauna vorzuschreiben als für die Wirbellosenfauna (Invertebraten), deren Umweltansprüche und ökologische Vernetzung weit weniger bekannt sind. Obwohl die Invertebraten bevorzugte Fischnahrung sind, ist ein klarer Zusammenhang zwischen Nährtieren und Konsumenten nicht immer zu sehen.

Die Bodenfauna (Benthos) in unseren Fliessgewässern besteht vorwiegend aus Invertebraten, einer sehr artenreichen und ökologisch bedeutungsvollen Tiergruppe. In einem natürlichen, vom Menschen unbeeinflussten Fliessgewässer besiedelt das Gros dieser Tiere die vorhandenen Zwischenräume (Interstitial) des Bachgrundes innerhalb einer Schicht von 0 bis 60 cm Tiefe, je nach Substrat und Physiographie vorwiegend von 0 bis 10 cm *(Bretschko* 1981, *Pugsley & Hynes* 1983 u.a.) oder von 10 bis 60 cm *(Williams & Hynes* 1974, *Eglin* 1990 u.a.). Der Organismenbestand nimmt unterhalb etwa 40 cm infolge der Verdichtung des Porenraumes und der damit einhergehenden Abnahme von Sauerstoff und organischem Kohlenstoff (Nahrung) exponentiell ab *(Schwoerbel* 1961). Da tiefere Schichten vor Extremereignissen wie Hochwässern oder Trockenheit weitgehend unbeeinflusst bleiben *(Coleman & Hynes* 1970), können Tiere bis in Tiefen von mehreren Metern gefunden werden, und zwar bis zu 2 km vom eigentlichen Flussbett entfernt *(Stanford & Ward* 1988). Somit übernimmt dieser Lebensraum im Flussuntergrund (Hyporheal) für die Benthosorganismen die Funktion eines Flucht- und Überlebensraumes *(Schwoerbel* 1967), wenn nicht gar diejenige eines dauernden Lebensraumes für spezialisierte Organismen *(Williams & Hynes* 1974).

Es ist offensichtlich, dass in Restwasserstrecken, die monatelang trockenliegen, keine Fische mehr leben können; sie werden gezwungen, in andere Gewässerregionen abzuwandern. Für die Invertebraten ergibt sich zusätzlich die Möglichkeit, vertikal auszuweichen und die Trockenheit an Ort und Stelle zu überdauern, falls ein günstiges Interstitial und ein entsprechender Grundwasserkörper vorhanden sind. Generell kann erwartet werden, dass nach Überflutung der trockenen Strecke eine Wiederbesiedlung mit Benthosorganismen stattfindet. Mögliche Mechanismen dazu sind *(Kalff & Einfeld* 1988): Auftauchen aus dem Refugium Hyporheal; Eindriftung von oberliegenden Strecken und Seitengewässern; Aufwanderung aus unterliegenden Abschnitten; Rekolonisierung durch den biologischen Zyklus (Verbreitungsflug und Eiablage von Insekten).

Die Muota, die in einem ausgedehnten Karstgebiet im Kanton Schwyz verläuft, ist typischerweise geprägt durch viele natürliche Versickerungen und Quellaufstösse *(Bögli* 1981). Ihre Abflussdynamik erlaubt die Wasserkraftnutzung; daher sind auf der ganzen Fliessstrecke sechs Kraftwerke in Betrieb. Zwischen Riedblätz (KW Bisistal) und Zwingsbrügg besteht eine 2 bis 3 km lange Restwasserstrecke, die im Sommer und im Winter regelmässig völlig trocken liegt (Bild 1). Solche Trockenlegungen ka-

Bild 1. Muota: Restwasserstrecke zwischen dem KW Bisistal (Riedblätz) und Zwingsbrügg. (Fotos: *J. Bloesch)*
Links Situation am 2. Mai 1989 vor Einsetzen Schneeschmelze, rechts Situation am 23. Mai 1989 nach Einsetzen Schneeschmelze.

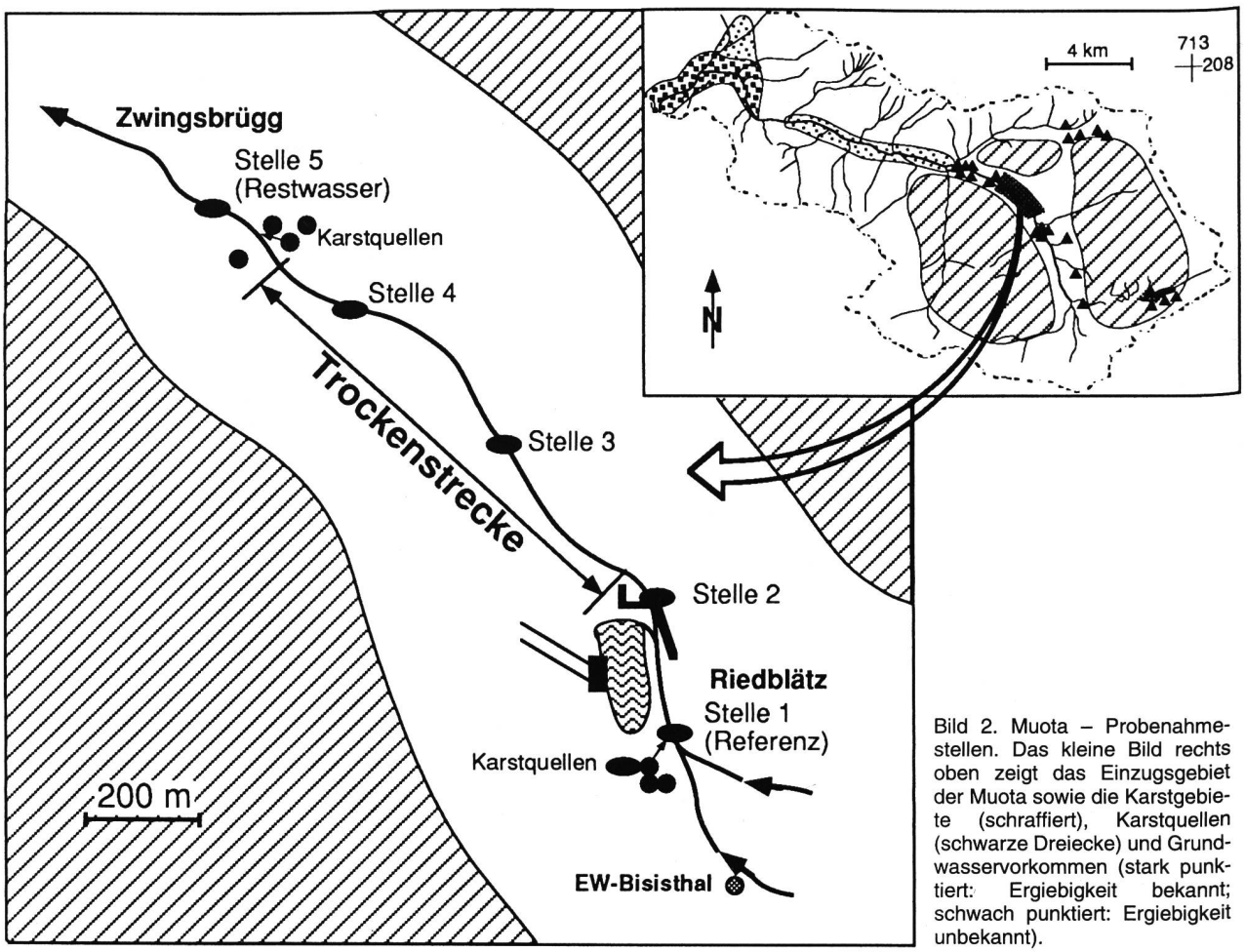


Bild 2. Muota – Probenahmestellen. Das kleine Bild rechts oben zeigt das Einzugsgebiet der Muota sowie die Karstgebiete (schraffiert), Karstquellen (schwarze Dreiecke) und Grundwasservorkommen (stark punktiert: Ergiebigkeit bekannt; schwach punktiert: Ergiebigkeit unbekannt).

men hier, infolge von Versickerungen im Karst, in extrem niederschlagsarmen Zeiten natürlicherweise schon früher sporadisch vor *(A. Bögli,* mündl. Mitteilung). Seit dem Kraftwerksbetrieb treten sie aber bedeutend häufiger und zeitlich verlängert auf; zudem ist die trockengelegte Strecke länger geworden.

Bei dieser speziellen Restwassersituation interessieren nun folgende Fragen: Wie wirkt sich die Trockenlegung in der Muota auf die Benthosbesiedlung aus? Wie schnell und in welcher Art und Weise erfolgt die Wiederbesiedlung dieses Bergbaches nach einer Überflutung? Wie sind solche ausgetrockneten Fliesswasserstrecken ökologisch zu bewerten? Im Rahmen einer Diplomarbeit an der EAWAG/ETH *(Bernegger* 1990) wurden deshalb im Frühling 1990 eine immer Wasser führende Stelle oberhalb des Wehres als Referenz und vier verschiedene Stellen unterhalb des Kraftwerkes im Restwasserbereich untersucht (Bild 2).

Methodik

Die Bodenfauna wurde im Normalfall wöchentlich mit dem gebräuchlichen *Surber*-Sampler *(Surber* 1936, Bild 3)

Tabelle 1. Morphologische, physikalische, chemische und biologische Charakterisierung der Muota bei Riedblätz und Zwingsbrügg. Zum Vergleich sind in der letzten Kolonne charakteristische Werte für unbelastete Bergbäche angegeben.

Datum 1990	Anzahl Probenahmen	Parameter	Probenahmestelle 1 Riedblätz (Referenz)	Probenahmestelle 2 Zwingsbrügg (Restwasser)	Referenz alpiner Background
19.2. und 2.4.	2	O_2 [mg/l]	10,8	10,4	–
19.2. und 2.4.	2	Ges-P [μg/l]	7,4	6,1	≤ 50
19.2. und 2.4.	2	PO_4-P [μg/l]	4,9	2,6	–
19.2. und 2.4.	2	Ges-N [μg/l]	416	406	–
19.2. und 2.4.	2	NO_2N [μg/l]	0,3	0,35	–
19.2. und 2.4.	2	NO_3N [μg/l]	410	366	≤ 800
19.2. und 2.4.	2	NH_4N [μg/l]	2,6	2,2	≤ 20
19.2. und 2.4.	2	DOC [mg/l]	0,6	0,5	≤ 0,8
19.2. und 2.4.	2	Leitfähigkeit [μS/cm]	159	143	–
12.2. bis 17.4.	6/9	mittlere Tiefe [m]	0,43	0,34	–
12.2. bis 17.4.	10	mittlere Fliessgeschwindigkeit [m/s]	0,35	0,15	–
12.3.		mittlere Korngrösse [cm]	3,3	6,6	–
12.2. bis 17.4.		mittlere Temperatur [°C]	4,4	6,0	–
12.2. bis 17.4.	6/9	Saprobien-Index	1,3	1,6	1,5
12.2. bis 17.4.	6/9	Makro-Index	1,0	1,2	≤ 2
12.2. bis 17.4.	6/9	Diversitäts-Index	4,1	3,3	≤ 3

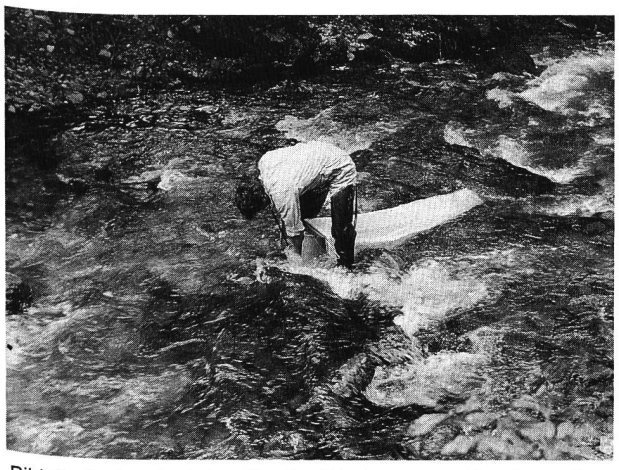


Bild 3. Surber-Sampler für die Erhebung von Benthosproben. (Foto: *M. Ammann)*

quantitativ dem Bachbett entnommen. Es werden damit etwa die obersten 15 cm des Substrates auf einer Fläche von 900 cm^2 aufgewirbelt und in einem Planktonnetz mit einer Maschenweite von 240 µm aufgefangen *(Morris & Brooker* 1979). Wegen der meist kontagiösen Verteilung der Benthosorganismen *(Bloesch* 1980) wurden pro Probenahmestelle 10 zufällig verteilte Einzelproben erhoben, die zu einer Gesamtprobe vereint wurden. In der während der Untersuchung trockengefallenen Strecke wurden mit einem kleinen Bagger (Menzi Muck, Bild 4) Löcher bis zu 4 m Tiefe ausgehoben und auf unkonventionelle Weise Substratproben entnommen, welche stichprobenartig auf das Vorhandensein von Tieren untersucht wurden.

Die Proben wurden mit 4%igem Formalin konserviert und die Tiere unter dem Binokular im Labor aussortiert, gezählt und nach Möglichkeit bis zur Art bestimmt. Die Biomasse der Invertebraten wurde als Trockengewicht (110°C, 24 h) gravimetrisch bestimmt. Die Berechnung der verschiedenen biologischen Indices ist in *Bloesch* (1980) beschrieben.

Als Begleitparameter wurden gemessen: Temperatur mit Thermographen (Typ M19, Firma Elmes-Staub, Richterswil); Fliessgeschwindigkeit 15 cm über Grund mit Messflügel (Firma A.Ott, Kempten); Wassertiefe mit Messlatte; Substrat bzw. Korngrössenanalyse (Linienproben nach *Anastasi* 1984); Sauerstoff nach *Winkler,* N-, P-, und C-Komponenten nach *Szabo et al.* (1985); In-situ-Leitfähigkeit (Digitalmultimeter Modell 136, Firma Keithley, Dübendorf).

Resultate und Diskussion

Bezüglich der *chemischen Parameter* und der biologischen Indices kann die Muota als unbelastetes, gesundes Gewässer eingestuft werden (Tabelle 1); die anthropogenen Eingriffe beschränken sich also weitgehend auf Kraftwerksnutzung und Verbauungen. Dem alpinen Gewässertyp entsprechend dominieren die Insektenlarven der Gruppen Steinfliegen (Plecopteren), Eintagsfliegen (Ephemeropteren), Köcherfliegen (Trichopteren) und Zweiflügler (Dipteren: Mücken) (Bild 5).

Genaue *Abflussmessungen* konnten im Rahmen dieser Diplomarbeit wegen des Aufwandes zur Installierung von Limnigraphen nicht vorgenommen werden, weshalb wir uns auf eine qualitative Beschreibung der Wasserführung beschränken müssen. Der Abfluss der Muota wurde bei den Probenahmen mittels gemessener Wassertiefe, Bachbreite und Fliessgeschwindigkeit abgeschätzt und war während des Winters 1989/1990 bis in die erste Phase der Untersuchungsperiode Anfang Februar wegen der trockenen Witterung unterdurchschnittlich (etwa 0,2 m^3/s an Stelle 1, siehe Bild 2). Demzufolge präsentierte sich die Strecke unterhalb Riedblätz völlig ausgetrocknet, und zwar nicht wie üblich bis oberhalb der Stelle 5 (Zwingsbrügg), sondern bis kurz vor der Rückgabestelle oberhalb Muotathal. Bei der ersten Probenahme am 12. Februar 1990 hatten die Stellen 2 bis 5 demzufolge schon wochenlang trocken gelegen. Am 13./14. Februar 1990 folgte nach intensivem Schneefall und nachfolgendem Regen ein ungewöhnlich starkes Hochwasser, welches die Öffnung der Kraftwerkswehre nötig machte (geschätzter Abfluss: 30 bis 50 m^3/s). In der Folge beruhigten sich die Wetterverhältnisse rasch, und der Abfluss ging dementsprechend auf übliche Winterwerte zurück (etwa 1,5 m^3/s

Bild 4. Kleinbagger (Menzi-Muck) zur Beprobung der trockenen Restwasserstrecke. (Foto: *J.-C. Bernegger)*

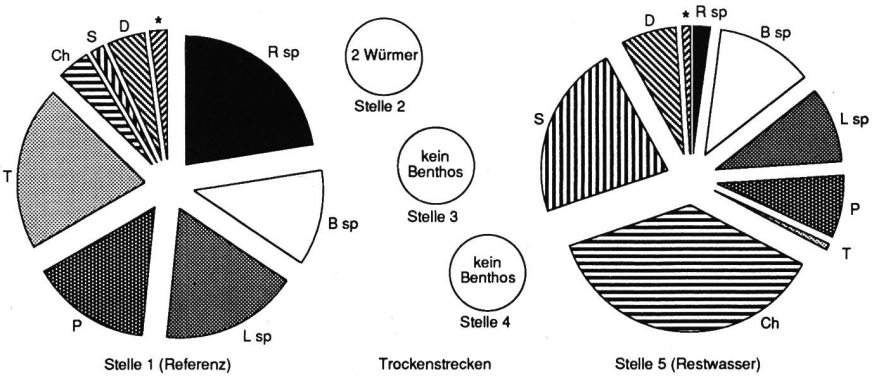


Bild 5. Durchschnittliche Benthosbesiedlung der Muota zwischen Riedblätz und Zwingsbrügg; Februar bis April 1990. Stellen 1 und 5: vom 12. Februar bis 17. April 1990 untersucht. Stellen 2 und 4: nur am 12. Februar 1990 untersucht. Stelle 3: am 12. Februar und 26. März 1990 untersucht.

T Trichoptera (Köcherfliegen)
D Diptera (Zweiflügler, ohne Ch und S)
Ch Chironomidae (Zuckmücken)
* Rest Makroinvertebraten (vorwiegend Ephemeroptera, Eintagsfliegen, ohne Rsp und Bsp)
S Simuliidae (Kriebelmücken)
P Plecoptera (Steinfliegen, ohne Lsp)
Lsp *Leuctra* sp.
Rsp *Rithrogena* sp.
Bsp *Baetis* sp.

bei Stelle 1, etwa 0,5 m^3/s bei Stelle 5). Während der restlichen Untersuchungszeit (Anfang März bis Mitte April 1990) blieb dieser Abfluss ungefähr bestehen. Die Strekke von Riedblätz bis 450 m oberhalb Zwingsbrügg war am 26. März 1990 bereits wieder ausgetrocknet, nicht aber die Strecke zwischen Zwingsbrügg und Muotathal, welche durch exfiltrierendes Grundwasser gespiesen wurde. Während die Stellen 2 bis 4 also mit Ausnahme einiger Hochwassertage während der Untersuchungsperiode immer trocken lagen, führten die Stelle 1 (Riedblätz) durch den ganzen Winter hindurch und die Stelle 5 (Zwingsbrügg) nach dem Hochwasserereignis dauernd Wasser. Es war deshalb möglich, die Wiederbesiedlung nach dem Hochwasser an Stelle 5 zu untersuchen und mit der Besiedlung der Stelle 1 (Referenz) zu vergleichen.

Allerdings ist ein Vergleich der beiden Stellen 1 (Referenz) und 5 (Restwasserstrecke) durch den Umstand erschwert, dass die *physikalisch*-chemischen Bedingungen für das Benthos nicht ganz identisch waren; dies ist ein generelles Problem von solchen vergleichenden Untersuchungen. Die Referenzstelle Riedblätz zeichnete sich in der Untersuchungsperiode durch etwas tiefere Temperaturen, grössere Fliessgeschwindigkeiten und Wassertiefen sowie feineres Substrat aus (Tabelle 1). Dies ist im wesentlichen durch den Schwallbetrieb des oberliegenden KW Bisistal bedingt, der aus den grossen Tagesamplituden der Temperatur ersichtlich ist (Bild 6). Inwieweit Nahrungsangebot und Substratbeschaffenheit durch den Schwallbetrieb beeinflusst wurden, konnte in dieser Arbeit nicht abgeklärt werden. Demgegenüber war die Restwasserstelle Zwingsbrügg durch aufstossendes Grundwasser beeinflusst (höhere Temperaturen im Winter, kleine Temperaturamplituden, Tabelle 1, Bild 6). Das aufsteigende Grundwasser schien die Konzentration der meisten chemischen Parameter ein wenig zu senken, doch sind diese Unterschiede für die Biozönose nicht bedeutend (Tabelle 1). Insbesondere dürfte weder die Temperatur noch die Fliessgeschwindigkeit speziell angepasste kaltstenotherme (an tiefe, enge Temperaturbereiche adaptierte) bzw. rheophile (strömungsliebende) Tiere an einer der beiden Stellen wesentlich bevorzugt haben. Auch wenn die Referenzstelle nicht dem vollkommen natürlichen Zustand entsprach (der in diesem Flussabschnitt gar nicht mehr existiert), kann davon ausgegangen werden, dass sich dort das Benthos einigermassen ungestört entwickeln konnte.

Die *Benthos-Besiedlung* der von Februar bis April 1990 untersuchten Stellen war bezüglich der Artenzusammensetzung, der Individuenzahlen und der Biomasse sehr unterschiedlich.

Bei der benthologischen Beurteilung der *zeitweise trokkengelegten Restwasserstrecken* musste in erster Linie abgeklärt werden, wie der Grundwasserträger ausgebildet ist. Je nachdem würde sich ein grösseres oder kleineres Lückensystem ergeben, welches den Organismen als Fluchtraum dienen kann und sie vor dem Austrocknen schützt. Die trockenen Stellen 2 bis 4 wiesen vor und nach dem Hochwasserereignis praktisch keine Besiedlung auf, da kein Grundwasser die Interstitialräume füllte (Bild 5). Somit war den Invertebraten die potentiell mögliche Vertikalflucht verwehrt, und über längere Zeitperioden ist im Bach ohne Wasser kein Leben möglich. Lediglich an Stelle 2, unmittelbar unterhalb des Stauwehres Riedblätz, wo sich ein isolierter Kolk befand, wurden zwei einzelne Würmer gefunden (Bild 5). Dies weist darauf hin, dass in Restkolken oder bei anstehendem Grundwasser Überleben möglich ist. (Solche Beobachtungen wurden auf einer vergleichbaren Restwasserstrecke an der Engelberger Aa bei Dallenwil gemacht.) Eine später geplante, genauere vertikale Beprobung dieser Stelle wurde leider durch das ungewöhnlich starke Hochwasser Mitte Februar 1990 vereitelt, so dass unklar bleibt, ob an Stelle 2 auch einzelne Insektenlarven tiefere Schichten des Bachgrundes besiedelt haben.

An der *Referenzstelle* Riedblätz (Stelle 1) wurde eine relativ konstante Biomasse von 3,5 bis 5 mg Trockengewicht/m^2 erfasst (Bild 7). Die Artenzusammensetzung und die Individuenzahlen (Bild 8A) veränderten sich während der Untersuchungsperiode ebenfalls wenig. Daraus kann geschlossen werden, dass die aus dem Entwicklungszyklus der Insekten (Eiablage im Herbst) stammenden Jungtiere bis Mitte April (noch) nicht so stark herangewachsen waren, dass sie mit dem Sammelnetz (Maschenweite 240 µm) erfasst worden wären.

An der *Restwasserstelle* Zwingsbrügg (Stelle 5) fand demgegenüber eine enorme Entwicklung von 0,2 bis 1,6 mg Trockengewicht/m^2 statt, ausgelöst durch das oben beschriebene Hochwasser. Die sichtbare Verzögerung der Biomassezunahme nach diesem Ereignis (Bild 7) dürfte wohl darauf beruhen, dass die eingeschwemmten kleinen Eier und Jungstadien der Tiere methodisch nicht erfasst werden konnten. Der Zuwachs an Biomasse war vor allem auf eine sukzessive Besiedlung durch Zuckmükkenlarven (Chironomiden), Kriebelmückenlarven (Simuliiden), diverse andere Zweiflüglerlarven (Dipteren), Eintagsfliegenlarven (Ephemeropteren) und Steinfliegenlarven (Plecopteren) zurückzuführen (Bild 8A).

Die *Sukzession* dieser Besiedlung zeigt das Bild einer sich rasch ändernden Gemeinschaft von Pionierarten (Bild 8B). So dominieren entsprechend dem wechselnden Nahrungsangebot verschiedene Ernährungstypen. Dies bewirkt eine ständige Verschiebung der Räuber-Beute-Beziehungen. Die durch das Hochwasser eingeschwemmten, Mitte Februar vorgefundenen, räuberischen Plecopteren wurden im März durch detritus- und algenfressende Sammler (Chironomiden) abgelöst, deren Massenaufkommen durch die rasch wachsende Goldalge *Hydrurus foetidus* stark begünstigt wurde, weil deren gallertige Fäden Unterschlupf und Nahrung bieten *(Thienemann* 1974). Im nächsten Sukzessionsschritt profitierten die Simuliiden als Filtrierer des nun stark zunehmenden partikulären organischen Materials, das in Form von Detritus, Holzteilchen und Blättern anfiel. Schliesslich schien sich im April eine Entwicklung der Weider (Ephemeropteren) und Räuber (Plecopteren) anzubahnen. Als direkte Folge dieser Entwicklung entstand eine Biozönose, die sich am Ende der Untersuchungsperiode nicht nur in der Komposition der Arten, sondern auch in der anteilmässigen Zusammensetzung ihrer Ernährungstypen von der am Anfang der Untersuchung vorgefundenen unterschied.

Aber auch im Vergleich zur Referenzstelle bestanden grosse Unterschiede. Die Entwicklung einer Pioniergesellschaft zum Klimax-Stadium benötigt offensichtlich mehr Zeit, als unsere Untersuchungen dauern konnten, wahrscheinlich mindestens ein Jahr, weil die meisten Insektenarten univoltin sind (d.h. eine Generation pro Jahr hervorbringen) und dieser Lebenszyklus geschlossen werden muss. Die bezüglich Räuber/Beute ausgeglichenere Biozönose an der Referenzstelle war jedenfalls Mitte April (noch) nicht erreicht (Bild 8B).

An der Stelle Zwingsbrügg wurde ersichtlich, dass sich eine trockengelegte Restwasserstrecke nach einem Hochwasser relativ rasch wiederbesiedelt, auch wenn

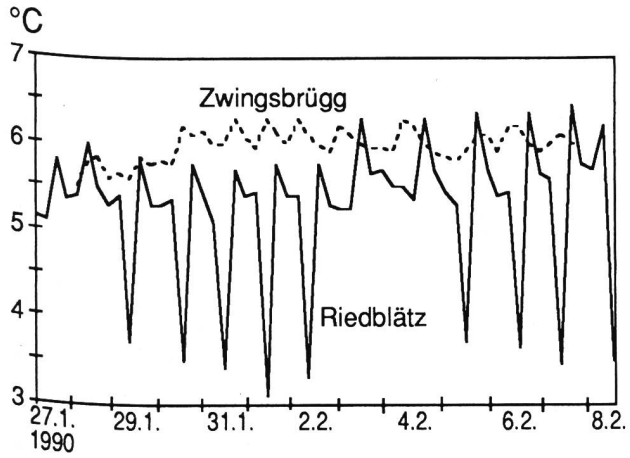


Bild 6. Temperaturverlauf der Muota. Riedblätz: Stelle 1 (Referenz, Schwallbetrieb vom oberliegenden Kraftwerk her); Zwingsbrügg: Stelle 5 (Restwasser, Grundwasseraufstoss).

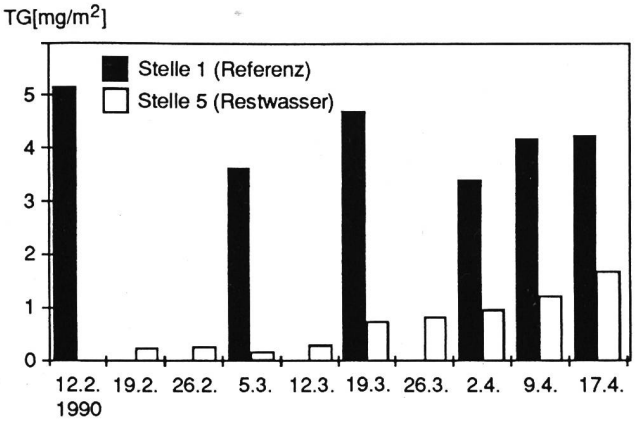
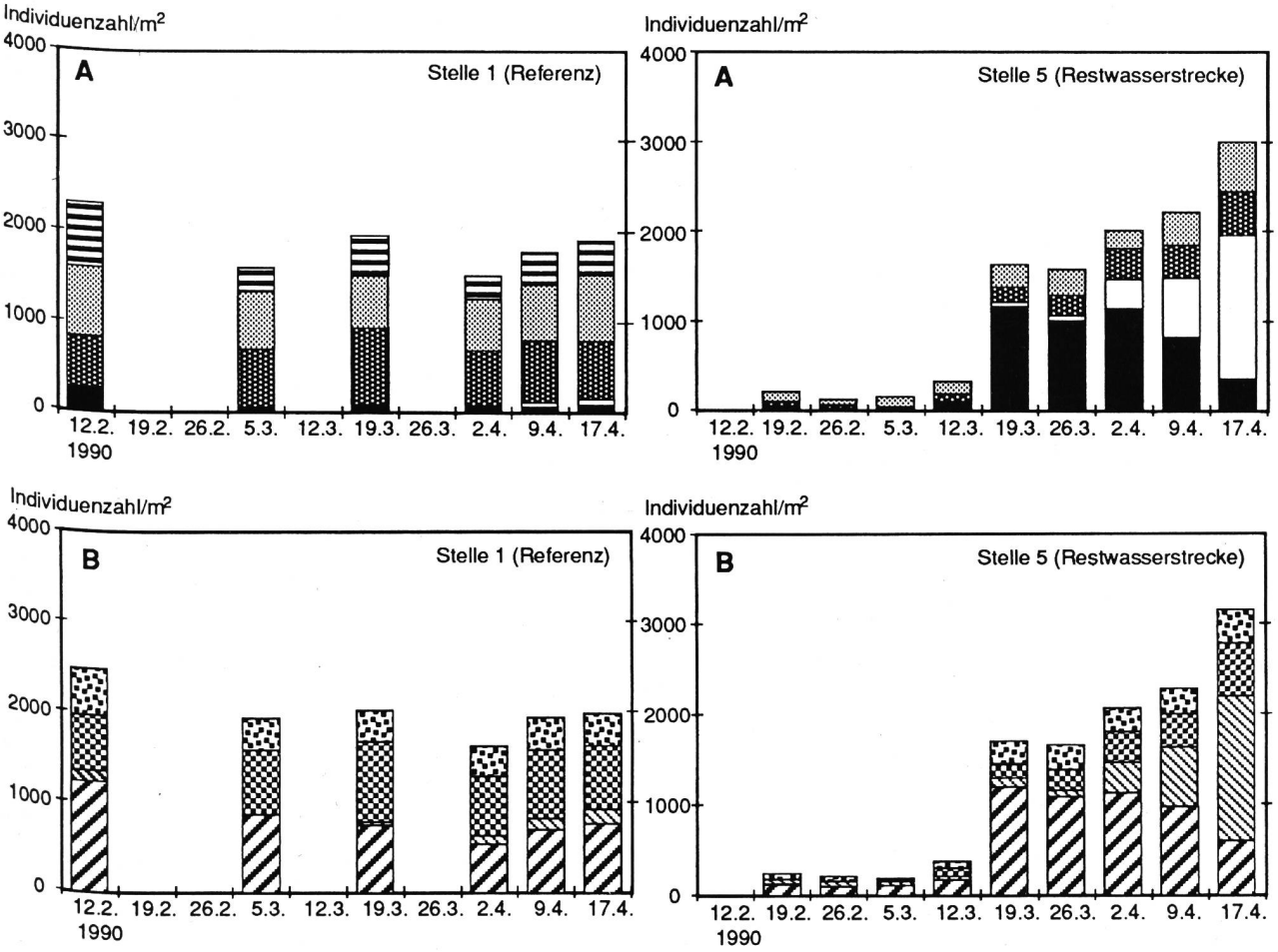


Bild 7. Zeitliche Entwicklung der Benthos-Biomasse (Trockengewicht) in der Muota zwischen Riedblätz und Zwingsbrügg; Februar bis April 1990.



A: geordnet nach Insektengruppen

Chironomidae (Zuckmücken) | **Simuliidae** (Kriebelmücken) | **Ephemeroptera** (Eintagsfliegen) | **Plecoptera** (Steinfliegen) | **Trichoptera** (Köcherfliegen)

B: geordnet nach Ernährungstypen

Sammler (Chironomidae/Zuckmücken) | **Filtrierer** (Simuliidae/Kriebelmücken) | **Weider** (Ephemeroptera/Eintagsfliegen) | **Räuber** (Plecoptera/Steinfliegen)

Bild 8. Zeitliche Entwicklung der Benthos-Besiedlung (Individuenzahlen) in der Muota zwischen Riedblätz und Zwingsbrügg; Februar bis April 1990.

keine Vertikalflucht möglich war. Eindriftung von Tieren (insbesondere Eier und Jugendstadien von Chironomiden und Simuliiden) aus oberhalb liegenden Gewässerabschnitten scheint dabei am wahrscheinlichsten gewesen zu sein. Das Schwärmen dieser Mücken und eine Eiablage zu dieser frühen Jahreszeit sind ungewöhnlich (*Thienemann* 1974, *Singh & Harrison* 1984) und dürften deshalb für diese Situation kaum in Betracht kommen. Der biologische Zyklus der Insekten (Flugzeit der Imagines im Sommer/Herbst und Eiablage) wurde in der Trokkenstrecke unterbrochen, da die Ei- und Larvalentwicklung ohne Wasser in der Regel nicht möglich ist.

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Obwohl die Muota chemisch unbelastet ist und eine reiche Insektenfauna aufweist, kann in der Restwasserstrekke Riedblätz-Zwingsbrügg durch Karstversickerung und Kraftwerksnutzung das Leben im Bachbett über längere Zeit völlig vernichtet werden. Dieser Befund dürfte auf alle trockengelegten Restwasserstrecken extrapolierbar sein, falls nicht durch undurchlässige Schichten Interstitialwasser im Bachbett zurückgehalten wird. Im Gegensatz zur Nullwasserführung scheint der Schwallbetrieb bei ständigem (Minimal-)Abfluss keine oder nur geringe Auswirkungen auf das Benthos zu haben (mündl. Mitteilung *M. Ammann;* das Problem des Schwallbetriebes wird gegenwärtig im Rahmen einer Dissertation an der EAWAG genauer untersucht).

Ein Fliessgewässer ist als ökologische Einheit zu betrachten. Nebst chemischen (Wasserqualität) und morphologischen (Gewässersohle, Ufer) Eigenschaften prägen insbesondere physikalische Parameter wie Abfluss, Strömung und Temperatur die Biologie eines Baches. Ein Unterbruch im Kontinuum des Wasserlaufes muss deshalb zwangsläufig zu Veränderungen in der Flora, Benthos- und Fischbesiedlung führen. Im speziellen sind Wanderungen und Drift von Invertebraten nicht mehr möglich. Obwohl das Benthos nach erfolgter permanenter Überflutung das Bachbett rasch, d.h. innerhalb von zwei Monaten, wieder besiedelt, ist das Ökosystem durch die Trokkenlegung empfindlich gestört, und eine Lebensgemeinschaft mit einer natürlichen Sukzession kann sich nicht mehr ausbilden. Nicht nur sterben einzelne Benthos-Arten möglicherweise aus, sondern auch die Fischbestände werden erheblich dezimiert. Bei der Abfolge mehrerer solcher Trockenstrecken im gleichen Fliessgewässer würde sich das auf das Gesamtökosystem verheerend auswirken. Trockenheit im Bach ist für Tiere und Pflanzen eine echte Katastrophe. Neben den ökologischen Konsequenzen darf bei Restwasserstrecken aber auch der Aspekt der Landschaft und Ästhetik nicht ausser acht gelassen werden. Es ist somit, vom Standpunkt des quantitativen Gewässerschutzes aus gesehen, dringend nötig, solche Strecken zum Verschwinden zu bringen.

Verdankung

Wir danken *Markus Ammann, Ruth Beutler, Tom Gonser* und *Urs Uehlinger* für wertvolle Hinweise bei der Durchsicht des Manuskripts.

Adresse der Verfasser: Dr. *Jürg Bloesch*, Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz, EAWAG, Überlandstrasse 133, CH-8600 Dübendorf, und *Jean-Claude Bernegger,* Amt für Umweltschutz Kanton Luzern, Klosterstrasse 3, CH-6002 Luzern.

Literaturverzeichnis

Akeret E. (1982): Schlussbericht der interdepartementalen Arbeitsgruppe Restwasser. 401 Seiten.

Anastasi G. (1984): Geschiebeanalysen im Felde unter Berücksichtigung von Grobkomponenten. VAW-Mitteilung Nr.70, 100 Seiten.

Bernegger J.-C. (1990): Der Einfluss von trockengelegten Restwasserstrecken auf die Benthosbesiedlung am Beispiel der Muota. Diplomarbeit EAWAG/ETH, 87 Seiten.

Bloesch J. (1980): Bodenfaunistische Untersuchungen in Aare und Rhein. Schweiz. Z. Hydrol. 42, S. 285–308.

Bloesch J. (1989): Integraler Gewässerschutz: Angemessene Restwassermengen aus ökologischer Sicht. «wasser, energie, luft» 81, S. 345–347.

Bögli A. (1981): Hydrogeologische Untersuchungen im Karst des hinteren Muotatales. Steir. Beitr. Hydrogeol., S. 125–164.

Bretschko G. (1981): Vertical distribution of zoobenthos in an alpine brook of the RITRODAT-LUNZ study area. Verh. Internat. Verein. Limnol. 22, S. 873–876.

Bundi U. et al.(1989): Wasserentnahme aus Fliessgewässern: Gewässerökologische Anforderungen an die Restwasserführung. Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 110, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.

Coleman M. J. and *Hynes H.B.N.* (1970): The vertical distribution of the invertebrate fauna in the bed of a stream. Limnol. Oceanogr. 15, S. 31–40.

Eglin S.W.T. (1990): Die Zusammensetzung und kleinräumige Verteilung der Makroinvertebratenbiozönose eines natürlichen, voralpinen Fliessgewässers (Thur) in Abhängigkeit vom Nahrungsangebot und der Sedimentstruktur. Diss. ETH Zürich Nr. 9242, 145 Seiten.

Kalff A. und *Einfeld R.* (1988): Wiederbesiedelungsmechanismen des Makrozoobenthos der Mauchach, eines periodisch versikkernden Kalkbaches im Schwarzwald-Baar-Kreis. Mitt. bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz N.F. 14, S. 765–775.

Kiefer B. und *Schälchli U.* (1991): Festlegung ökologisch angemessener Restwasserabflüsse. Pilotprojekt der Kraftwerke Brusio AG im oberen Puschlav. «wasser, energie, luft» 83: 261–264.

Morris D.C. and *Brooker M.P.* (1979): The vertical distribution of macroinvertebrates in the substratum of the upper reaches of the river Wye, Wales. Freshwat. Biol. 9, S. 573–583.

Peter A.J. (1987): Untersuchungen über die Populationsdynamik der Bachforelle (Salmo trutta fario) im System der Wigger, mit besonderer Berücksichtigung der Besatzproblematik. Diss. ETH Zürich Nr. 8307, 246 Seiten.

Pugsley C.W. and *Hynes H.B.N.* (1983): A modified freeze-core technique to quantify the depth distribution of fauna in stony streambeds. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40, S. 637–643.

Schälchli U. (1991): Morphologie und Strömungsverhältnisse in Gebirgsbächen: ein Verfahren zur Festlegung von Restwasserabflüssen. VAW-Mitteilungen 113, 112 Seiten.

Schwoerbel J. (1961): Über die Lebensbedingungen und die Besiedlung des hyporheischen Lebensraumes. Arch. Hydrobiol. Suppl. 25, S. 182– 214.

Schwoerbel J. (1967): Das hyporheische Interstitial als Grenzbiotop zwischen oberirdischem und subterranem Ökosystem und seine Bedeutung für die Primärevolution von Kleinsthöhlenbewohnern. Arch. Hydrobiol. Suppl. 33, S. 1–62.

Singh M.P. and *Harrison A.D.* (1984): The chironomid community (Diptera: Chironomidae) in a Southern Ontario stream and the annual emergence patterns of common species. Arch. Hydrobiol. 99, S. 221–253.

Stanford J.A. and *Ward J.V.* (1988): The hyporheic habitat of river ecosystems. Nature 335 (No. 6185), S. 64–66.

Surber E.E. (1936): Rainbow trout and bottom fauna production in one mile of stream. Trans. Amer. Fish. Soc. 66, S. 193–202.

Szabo E., Illi R. und *Ribi B.* (1985): Chemische Untersuchungsmethoden. Manual der EAWAG, unveröffentlicht.

Thienemann A. (1974): Chironomus. Leben, Verbreitung und wirtschaftliche Bedeutung der Chironomiden. Die Binnengewässer, Band 20, 2. Auflage, E. Schweizerbart, Stuttgart.

Williams D.D. and *Hynes H.B.N.* (1974): The occurrence of benthos deep in the substratum of a stream. Freshwat. Biol. 4, S. 233–256.

Nachtrag

In dem während der Drucklegung dieser Arbeit veröffentlichten Artikel von *Seitz-Handl* (1991) werden die Ergebnisse unserer Arbeit mit denjenigen von *Pehofer* (1989) verglichen. Es dürfte wohl jedem Leser klar geworden sein, dass das Interstitial (bzw. der Lebensraum der Invertebraten) in der Muota, welches *jedes Jahr während Monaten metertief total trocken* fällt, mit demjenigen in der Alpbacher Ache, wo *dauernd ein Mindestrestwasser von 30 l/s* fliesst und das Interstitial durchströmt oder zumindest feucht hält, eben gerade *nicht verglichen werden kann.*

Literatur

Seitz-Handl K. (1991): Die Restwasserproblematik aus gewässerökologischer Sicht. «wasser, energie, luft» 83, S. 317–320.

Pehofer H.E. (1989): Restwassererfordernisse aus limnologischer Sicht – Fallstudie Gebirgsbach Alpbacher Ache, Tirol. Universität Innsbruck und Bundesministerium für land- und Forstwirtschaft Wien.

Wasser, Abwasser und Energie

in den Ortsgeschichten des neuen Schweizer Lexikons 1991

Karl Wolff

Für Ortsgeschichten ist die Einführung der technischen Versorgung – mit den Bereichen Wasser, Abwasser, Energie und Transportdienste – das bedeutendste, aber auch das vernachlässigste Ereignis der letzten 140 Jahre. Mit dem Erscheinen des neuen Schweizer Lexikons beginnt ein Wandel in der Wertung dieses primären und lebenswichtigen Teils der Infrastruktur.

Technische Versorgung

Unter Technik im engeren Sinn versteht man die Gesamtheit aller Mittel, mit denen sich Menschen die Natur nutzbar machen. Nach ihrer Entstehung unterscheidet man zwischen traditioneller und wissenschaftlicher Technik. Traditionell ist das Ergebnis von Probieren und Erfahrung, wissenschaftlich die systematische Anwendung von Naturgesetzen ab Mitte des 19. Jahrhunderts [2]. Dabei nimmt für die Versorgung mit Wasser, Energie und den Transportdiensten für Meldungen, Menschen, Waren die Elektrizität die Schlüsselstellung ein. Nur dank ihr konnten sich Daseinsfürsorge und ökonomische Bedingungen vom Niveau der Zeit bis 1850 zur heutigen Lebensweise und die bisherige Mangelwirtschaft zu einer Konsumwirtschaft mit Nahrungsmittelüberfluss entwickeln.

Die technische Versorgung hat drei Aspekte. Der erste, gut dokumentierte, befasst sich mit dem Entwickeln und Erproben der technischen Einrichtungen und Anlagen. Der zweite, schlecht dokumentierte, mit der von Ort zu Ort verschiedenen Einführung. Der dritte, nur in Teilbereichen dokumentierte, mit der dafür notwendigen regionalen und nationalen Infrastruktur bestehend aus Gesetzgebung, Netzverbund, Aufgabenteilung, Sicherheits- und Normungsvorschriften.

Landesgeschichte

Die industrielle Nutzung der Wasserkräfte veränderte die Entwicklung in der Schweiz [3]. Auch die Anlage neuer Land- und Passstrassen im 18. und 19. Jahrhundert zur Verbesserung der bestehenden ungepflasterten Landwege und Saumpfade schuf die Voraussetzung zur modernen technischen Versorgung.

Diese begann 1852 mit der Eröffnung eines das ganze Land durchziehenden elektrischen Fernmeldenetzes mit 33 Telegrafenbüros. 1880 folgte die Inbetriebnahme des ersten Telefonnetzes mit einer Handzentrale in Zürich und 1960 die weltweite Selbstwahl mit elektronischen Automaten [4].

Für den Transport von Menschen und Waren begann 1854 der Bau des die ganze Schweiz erschliessenden Eisenbahnnetzes. Im 20. Jahrhundert erzwang das Wachstum des privaten Verkehrs den Bau der Nationalstrassen und internationaler Flughäfen.

Die Energieversorgung fing um 1856 mit Leuchtgas für öffentliche und private Beleuchtungen durch Holzvergasungswerke an. Mit der Einführung von giftfreiem Erdgas folgte der neue, 1992 noch nicht beendete Netzausbau für Heiz- und Kochgas. 1886 wird das erste wirtschaftliche System zur Stromversorgung durch ein Kraftwerk in Thorenberg mit elektrischer Energieübertragung und Verteilung in Luzern eröffnet [5].

Der allgemeine Bau von Trinkwasser-Hochdrucknetzen mit Hausanschlüssen und Hydranten liess sich erst ab etwa 1888 durch Wasserpumpen mit elektrischen Motoren verwirklichen. Damit war in allen Orten erstmals der Mangel an Trink- und Löschwasser zu beheben. Die nun anfallenden grossen Abwassermengen mussten durch Kanalisationen und Abwasserreinigungsanlagen (ARA) entsorgt werden. Als erste kontinentaleuropäische Stadt verfügte St. Gallen 1913 über eine ARA. Auch die radioaktiven Abfälle von Kernkraftwerken, Industrie und Medizin müssen entsorgt werden.

Ortsgeschichte

Unter dem Einfluss unterschiedlicher geographischer, politischer und wirtschaftlicher Voraussetzungen, wurden in den Gemeinden Hausanschlüsse für Wasser, elektrische Beleuchtung und Energie, Gas, Telefon sowie im Ort Hydranten, Telegraf und der öffentliche Verkehr eingeführt. Nimmt man deren lebensverändernde und lebensverlängernde Wirkung als Massstab, zeigt sich, dass dies bedeutende ortsgeschichtliche Ereignisse der letzten 140 Jahre sind. Denn nicht einzelne, sondern alle Wohnhäuser verfügen heute über Küchen, Bad und WC mit Trinkwasser- und Kanalisationsanschlüssen; fast alle Abwässer und Fäkalien werden durch Schwemmkanalisationen und ARA entsorgt. Die früher zur Brandbekämpfung nahezu wirkungslosen Wassereimer und Handpumpen sind durch Hydrantennetze mit weit reichenden Druckwasserstrahlen ersetzt.

Auf diese Entwicklung gehen Ortsgeschichten kaum ein. Sie sind vom technikfreien Standpunkt traditioneller und institutionalisierter Geschichtsschreibung aus verfasst. Der befasst sich mit Früh-, Kirchen-, Kunst- und Baugeschichte, früher Rechtsprechung, Krieg, dem Besitz einzelner Fürsten und Bürger, mit Politik und durchreisenden Dichtern. Dazu gehören traditionelle Technik mit urgeschichtlichen Werkzeugen, mittelalterlichen Handwerken und Versorgungen. Auf die moderne technische Versorgung gehen Ortsgeschichten höchstens bruchstückweise und ohne Datierung ein. Die Wasserversorgung reicht in ihnen deshalb bis zum Dorfbrunnen, die Beleuchtungstechnik zur Öl- oder Petrollampe. Nach den meisten von ihnen zu schliessen, wurden elektrische Beleuchtung und Energie, Gas, Telegraf, Telefon, Land- und