

Auswirkungen von Massnahmen in der ARA Hofen auf die Steinach unterhalb der heutigen Einleitung

Bericht zuhanden des Entsorgungsamtes der Stadt St. Gallen

Urs Uehlinger & Christopher T. Robinson
Dübendorf, 18. September 2006



Inhalt

Zusammenfassung.....	3
Einleitung.....	4
Problem	4
Auftrag	4
Erwartete Auswirkungen der zwei Varianten	5
Heutiger Zustand	5
Variante Beibehaltung der Abwassereinleitung.....	6
Hydrologie	6
Wasserqualität.....	6
Algen	7
Invertebraten	7
Empfohlene Massnahmen aus gewässerökologischer Sicht.....	8
Variante Verzicht auf Abwassereinleitung	9
Hydrologie	9
Algen	10
Invertebraten	10
Empfohlene Massnahmen aus gewässerökologischer Sicht.....	11
Vergleich der beiden Varianten.....	12
Anhang Hydrologie.....	13
Verfügbare Daten	13
Das Abflussregime der Steinach	13
Einfluss der ARA-Hofen auf den Abfluss der Steinach	14
Hydropeaking	14
Beitrag der ARA Hofen zum Abfluss der Steinach.....	15
Wie viel Wasser bleibt ohne ARA-Zufluss in der Steinach?	15
Referenzen.....	17

Zusammenfassung

1. Die Einleitung der gereinigten Abwässer aus der ARA Hofen belasten die Steinach stofflich und thermisch wegen der ungünstigen Verdünnungsverhältnisse (Abwasser : Vorfluter ~ 6 bei Trockenwetterabfluss). Morphologische Defizite existieren unterhalb der Einleitungsstelle, vor allem im Unterlauf, wo der Bach kanalisiert ist und Beschattung durch Ufervegetation weitgehend fehlt.
2. Zur Verbesserung der heutigen Situation stehen zwei Varianten zur Diskussion: 1. Entlastung der Steinach durch Nachrüsten der ARA Hofen und 2. Entlastung der Steinach durch direkte Einleitung der Abwässer der ARA Hofen in den Bodensee. Die Auswirkungen der beiden Varianten werden wie folgt beurteilt.
3. *Entlastung der Steinach durch Nachrüsten der ARA-Hofen:* Auch eine substantielle Verbesserung der Reinigungsleistung der ARA wird durch die weiterhin bestehenden ungünstigen Verdünnungsverhältnisse teilweise kompensiert werden. Die Reduktion der organischen Belastung wird sich in einer bescheidenen Zunahme verschmutzungsintoleranter Arten (Eintags- und Steinfliegen) niederschlagen. Da die Nährstoffkonzentrationen (Phosphor, Stickstoff) relativ hoch bleiben, ist im Unterlauf nach wie vor mit Algenwucherungen zu rechnen.
4. *Entlastung der Steinach durch direkte Einleitung in den Bodensee:* Mit dieser Variante würde sich die Wasserqualität unterhalb der heutigen Einleitungsstelle deutlich verbessern und damit auch die Lebensbedingungen für die Lebensgemeinschaften. Im Unterlauf muss aber weiterhin mit Algenwucherung gerechnet werden, da Nährstoffkonzentrationen auch ohne ARA nicht limitierend sind. Bei geringer Wasserführung im Sommer besteht ausserdem die Gefahr, dass sich das Wasser dort übermässig erwärmt.
5. Da das Nachrüsten der ARA Hofen wegen der erwähnten ungünstigen Verdünnung zu einer mässigen Reduktion der Belastung des Vorfluters führt, wäre die Entlastung durch direkte Einleitung in den Bodensee vorzuziehen. Diese Variante fällt dann ausser Betracht, wenn Steinachabschnitte während Trockenperioden jeweils trocken fallen. Abflussmessungen in der Trockenperiode Juni/Juli 2006 zeigten jedoch, dass die Steinach auch ohne den Zufluss aus der ARA ausreichend Wasser führt, was für die Variante *direkte Einleitung in den Bodensee* spricht. Ob Nachrüsten oder direkte Einleitung in den See - in beiden Fällen sollte der Unterlauf der Steinach ökomorphologisch aufgewertet werden.

Einleitung

Problem

Die Steinach entspringt oberhalb von St. Georgen auf einer Höhe von etwa 800 m ü.M., quert eingedolt (Steinachstollen) das Stadtgebiet von St. Gallen und fliesst anschliessend durch eine ca. 5 km lange bewaldete Schlucht nach Norden zum Bodensee. Die letzten 2 km vor der Mündung sind begradigt und relativ hart verbaut. Entlastungen aus der Kanalisation des Siedlungsgebietes von St. Gallen, vor allem aber die Einleitung der gereinigten Abwässer aus der ARA Hofen (Einleitungsstelle im Steinachtobel) belasten die Steinach erheblich. Bei Trockenwetterabfluss beträgt das Mischungsverhältnis von Abwasser zu Bachwasser etwa 6 : 1. Als Folge kommt es zu massiven Beeinträchtigungen der Lebensgemeinschaften an der Gewässersohle (Algen und Wirbellose); die Vorgaben gemäss GSchV werden deutlich verfehlt.

Zur Verbesserung dieser Situation stehen zwei Varianten zur Diskussion: 1. Entlastung der Steinach indem die ARA Hofen nachgerüstet wird (z.B. Membranbiologie oder Ozonierung) und 2. Entlastung der Steinach durch direkte Einleitung der Abwässer der ARA Hofen in den Bodensee. Beim Wegfall der Abwassereinleitung muss bei Trockenwetter mit einer deutlichen Reduktion des Abflusses gegenüber der heutigen Situation gerechnet werden.

Auftrag

Das Entsorgungsamt der Stadt Gallen hat am 17. Juni 2005 einen Expertenbericht bei der EAWAG in Auftrag gegeben, worin Antwort auf folgende Fragen gegeben werden sollte:

1. Welche Massnahmen sollten aus gewässerökologischer Sicht ergriffen werden, wenn die ARA Hofen weiterhin in die Steinach entwässert (Variante Beibehaltung der Einleitung)?
2. a) Welche Verbesserungen können in gewässerökologischer Hinsicht in der Steinach erreicht werden, wenn auf die Einleitung der gereinigten Abwässer der ARA Hofen verzichtet wird?
b) Welche Massnahmen wären erforderlich, um allfällig negative Auswirkungen der durch den Wegfall der Einleitung bedingten Abflussreduktion zu reduzieren?
3. Welche der beiden Varianten „Beibehaltung der Einleitung“ oder „Verzicht auf Einleitung“ ist in Bezug auf gewässerökologische Aspekte vorzuziehen?

Die Stellungnahme soll auf bereits vorhandenen Daten basieren, welche von oder im Auftrag verschiedener Amtstellen bis heute erhoben worden sind. Es betrifft dies Wasserqualität inkl. Temperatur im Ausfluss der ARA Hofen und in der Steinach, Abflussdaten der ARA Hofen, und der Steinach, sowie Daten über Algen, Invertebraten und Fische in der Steinach.

Erwartete Auswirkungen der zwei Varianten

Heutiger Zustand

Oberhalb des Abwasserkraftwerks der ARA-Hofen belasten vor allem Mischwasserüberläufe die benthischen Lebensgemeinschaften der Steinach. Hier werden die Vorgaben der Gewässerschutzverordnung nur teilweise eingehalten (AquaPlus, 2002). Bezüglich Fracht sind die stossartigen Belastungen durch die Mischwassereinleitungen ähnlich hoch wie die relativ konstante Belastung durch die ARA Hofen (Krejci, 2006). Die Einleitung der Abwässer der ARA Hofen beeinträchtigt den Bach bis zur Mündung in den Bodensee. Abwasserinhaltsstoffe und die hohe Konzentration organischer Partikel verschieben die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften hin zu belastungstoleranten Arten. Dipteren, und filtrierenden Organismen wie Simuliiden und Hydropsychiden dominieren (AquaPlus, 2002). Der Vitellogeningehalt von Fischlebern zeigt, dass im Steinachunterlauf hormonaktive Stoffe vorkommen (Riederer, 2006). Die Einleitung von Abwasser erhöht die Temperatur der Steinach um 2 -3 °C im Sommer und um mehr als 6 °C im Winter (Temperaturlogger-Aufzeichnungen des AFU St. Gallen). Bei Temperaturen von 15 - 17 °C führt ein Anstieg von 2 -3 °C zu Veränderungen der Zusammensetzung der Invertebratengemeinschaft¹ (Steinfliegen verschwinden, tolerante Eintagsfliegen nehmen zu) und zu Stresssymptomen bei Fischen (Bachforellen). Im kaum beschatteten und stark verbauten Unterlauf (Obersteinach bis Mündung) kommt es zudem zu Algenwucherungen. Zwischen Einleitungsstelle und Mündung² werden die Vorgaben der Gewässerschutzverordnung klar nicht erfüllt (AquaPlus, 2002).

Im Steinachtobel unterhalb der Abwassereinleitung sind bestimmte benthische Lebensräume nur wenig vertreten. Anstehender Fels (Megalithal) und grosse Steine (Makrolithal) dominieren, während Lebensräume mit feineren Sedimentfraktionen selten sind. Es ist nicht klar, ob dies für "steile Tobelbäche" typisch ist oder einen gestörten Sedimenthaushalt (reduzierte Sedimentnachlieferung aus dem oberliegenden Einzugsgebiet) beziehungsweise die veränderte Hydrologie (höhere Abflussspitzen) widerspiegelt.

Bei Trockenwetter hat der Schwall-Sunk-Betrieb des Abwasserkraftwerkes unterhalb der Einleitungsstelle starke Abflussschwankungen zur Folge (siehe Abbildung 2 im Anhang). Sind Anstieg und Fall des Pegels schneller als bei natürlichen Abflussschwankungen, dürften benthische² Invertebraten vermehrt abgeschwemmt werden oder stranden. In Gerinnen mit geringer

¹ Invertebraten = wirbellose Tiere

² benthisch = an der Gewässersohle lebend

morphologischer Vielfalt (= wenig Refugialräume) fallen die negativen Auswirkungen von Schwall und Sunk stärker ins Gewicht (BUWAL 2003).

Variante Beibehaltung der Abwassereinleitung

Hydrologie

Das Aufrüsten der ARA-Hofen hat keinen Einfluss auf die Hydrologie der Steinach. Insbesondere ändert sich das bei Trockenwetter ungünstige Verdünnungsverhältnis von Steinachwasser zu eingeleitetem Abwasser nicht.

Wasserqualität

Das Aufrüsten der ARA - z.B. Membranbiologie oder Ozonierung - wird ein Abwasser liefern, dessen Konzentrationen bezüglich Stickstoff (N) und organischem Kohlenstoff (OC) geringer sein werden als heute (Tabelle 1).

Tabelle 1 Mittlere Konzentrationen einiger Abwasserinhaltsstoffe im Abfluss der ARA-Hofen und erwartete Veränderungen als Folge des ARA-Ausbaues. Standardabweichungen in Klammern.

Zeitraum	DOC mg/L	TOC mg/L	P _{gel} mg/L	P _{part} mg/L	P _{tot} mg/L	NH ₄ -N mg/L	NO ₂ -N mg/L	NO ₃ -N mg/L
Heutiger Zustand (2003 -2005)*	6.1 (1.3)	8.5 (2.5)	0.21 (0.06)	0.15 (0.17)	0.36 (0.25)	0.54 (0.6)	0.19 (0.3)	23.4 (9.0)
Erwartet nach Ausbau**								
Membranbiologie	6	6	0.1-0.2	0.03	0.1-0.2	0.2	0.1	***
Ozonierung	<4	6.5	0.2	0.16	0.33	0.5	0.1	***

* Daten ESA St. Gallen (G. Leumann)

** Annahmen basierend auf Bericht des ESA: ARA St. Gallen - Hofen/Steinach. Strategieplanung 2005 -2060. Zusatzabklärungen (Entwurf 3. 7. 2006)

*** Hängt vom vorgesehenen Ausbaugrad bezüglich N-Elimination (Denitrifikation) ab.

Eine mit Membranbiologie aufgerüstete Anlage liefert bei Trockenwetter partikelfreies Abwasser. Von der Ozonierung wird erwartet, dass Mikroverunreinigung wesentlich reduziert werden.

Wegen der ungünstigen Verdünnung werden die P-, N- und OC-Konzentrationen in der Steinach bei Trockenwetterabfluss weiterhin relativ hoch bleiben. Mit dem Membranbelebungsverfahren fällt weitgehend partikelfreies Abwasser an. Ohne Wärmerückgewinnung in der ARA Hofen wird die Temperatur der Steinach unterhalb der Einleitung wie bisher je nach Saison zwischen 2 und 8 °C erhöht.

Algen

Unterhalb der ARA werden die Nährstoffkonzentrationen (P und N) deutlich über den Konzentrationen liegen, die als limitierend für das Algenwachstum gelten³. Fehlende Beschattung und hohe Nährstoffkonzentrationen begünstigen rasches Algenwachstum. Wieweit sich das in störendem Algenbewuchs niederschlägt, hängt von der Häufigkeit und zeitlichen Verteilung der Hochwasser ab (Uehlinger, Bühler & Reichert, 1996). Bei hohen Nährstoffkonzentrationen und günstigen Lichtverhältnissen genügen wenige Wochen ohne Hochwasser für die Bildung dichter Algenbeläge.

Steinachtobel: Nur an den wenigen Stellen, wo Licht relativ ungehindert zur Gewässersohle gelangt, ist in diesem Abschnitt das ganze Jahr hindurch mit dichten Algenbelägen zu rechnen. Zwischen Februar und April, d.h. bevor der Blattaustrieb das Lichtangebot massiv reduziert, sind die Voraussetzung für die Bildung dichter Algenbeläge günstig (z.B. Abbildung 3 in AquaPlus, 2002).

Unterlauf: Zwischen Obersteinach und Mündung sind die Voraussetzungen für starkes Algenwachstum besonders günstig, da eine Schatten spendende Ufervegetation weitgehend fehlt und die Gewässersohle stabilisiert ist (Querbauwerke). Hier muss zwischen Geschiebe führenden Hochwassern weiterhin mit Algenwucherungen gerechnet werden.

Invertebraten

Steinachtobel: Die Aufrüstung der ARA mit einer Membranbelebungsanlage würde die organische Partikelfracht in der Steinach und damit auch das Nahrungsangebot für filtrierende Invertebraten reduzieren, d.h. ihre Zahl würde in der Folge abnehmen. Es wird erwartet, dass die Reduktion der Belastung mit organischen Stoffen zu einer leichten Zunahme "verschmutzungsintoleranter" Arten wie Eintags- und Steinfliegen führt. Unterhalb der Einleitungsstelle dominieren anstehender Fels und grosse Steine, während Lebensräume mit feinerem Substrat rar sind. Neben dem hohen Abwasseranteil dürfte dies zumindest teilweise auch die Entwicklung der benthische Lebensgemeinschaften einschränken.

Im Unterlauf (Obersteinach - Mündung) ist die Substratverteilung zwar etwas günstiger, aber die Gewässersohle ist kolmatiert⁴ (AquaPlus, 2002) und wegen der massiven Verbauungen auch relativ homogen. Im noch teilweise bewaldeten Abschnitt oberhalb der Strassenbrücke wird erwartet, dass mit der reduzierten Belastung durch gelöste und partikuläre Abwasserinhaltsstoffe die Häufigkeit filtrierender Invertebraten und andere belastungstoleranter Gruppen abnimmt, während intolerante Arten, hauptsächlich Eintags-, Stein- und Köcherfliegen (EPT-Taxa) zunehmen. Unterhalb der Strassenbrücke manifestiert sich bereits heute eine leichte Verbesserung der Wasserqualität

³ Der Übergang von Nährstofflimitierung zu Nährstoffsättigung des Algenwachstums liegt zwischen 0.0006 und 0.015 mg PO₄-P/L bzw. zwischen 0.050 to 0.060 mg NO₃-N/L (Bothwell, 1989; Grimm & Fisher, 1986; Newbold, 1992).

⁴ Kolmation = Abdichtung der Sohle. Dadurch wird der Austausch zwischen Oberflächen- und Grundwasser reduziert.

(Selbstreinigung) in der Zusammensetzung der Invertebratengemeinschaft (AquaPlus, 2002). Auch hier wird eine Zunahme belastungsintoleranter Arten erwartet. Allerdings dürften die Kolmation der Sohle, die homogene Habitatstruktur, übermässiges Algenwachstum und die im Sommer relativ hohen Wassertemperaturen diesem Trend Grenzen setzen.

Empfohlene Massnahmen aus gewässerökologischer Sicht

1. Falls die ARA Hofen weiterhin in die Steinach entwässert, empfiehlt sich die Aufrüstung der Anlage mit einer Membranfiltration oder einem Verfahren, welches ein Abwasser von ähnlich hoher Qualität liefert, insbesondere auch in Bezug auf Partikelkonzentrationen. Aus ästhetischen Gründen sollte die Geruchs- und Schaumbildung unterhalb der Einleitung reduziert werden.
2. Das unterhalb des Abwasserkraftwerkes Hofen beobachtete „Hydropeaking“ bei Trockenwetter sollte durch entsprechende Anpassung des Kraftwerksbetriebs minimiert werden.
3. Für den Abschnitt zwischen Obersteinach und der Mündung in den Bodensee ist zu prüfen, wieweit der gegenwärtige unbefriedigende ökomorphologische Zustand verbessert werden kann. Im jetzigen Zustand dürfte sich eine allfällige Verbesserung der Wasserqualität nur in geringem Masse in der Zusammensetzung der benthischen Lebensgemeinschaften niederschlagen.
4. Eine Reduktion der Wassertemperaturen im ARA Abfluss (Wärmerückgewinnung) sollte angestrebt werden, falls dies technisch möglich und ökologisch (Energiebedarf) sinnvoll ist.
5. Für den Abschnitt Steinachtobel ist zu prüfen, ob der beobachtete Mangel an bestimmten aquatischen Habitaten natürlich ist oder aus Beeinträchtigungen im Einzugsgebiet (Sedimenthaushalt, Hydrologie) resultiert. Falls letzteres der Fall wäre, sollte geprüft werden, ob und mit welchen Massnahmen das Defizit längerfristig reduziert werden könnte.

Variante Verzicht auf Abwassereinleitung

Hydrologie

Die Entlastung der Steinach von den Abwässern der ARA Hofen wird zu einer deutlichen Reduktion des Trockenwetterabflusses unterhalb der Einleitungsstelle führen. Eine in diesem Zusammenhang geäusserte Befürchtung ist, dass die Steinach ohne ARA-Zufluss im Unterlauf während längerer Trockenperioden trocken fällt. Zwischen ARA und dem Ende der Schlucht nimmt die Steinach das Wasser der beiden Zuflüsse Hofenbach und Hegiholzbach auf (Trockenwetterabfluss je 2 - 5 L/s). Der Verlust durch Infiltration ins Grundwasser ist in der Schlucht vermutlich gering (häufig steht Fels an und die Auflage alluvialer Sedimente ist wenig mächtig). Unterhalb von Obersteinach verliert der Bach Wasser durch Infiltration in den Grundwasserträger.

Bei Trockenwetter stellt die ARA Hofen den Kraftwerksbetrieb während mehrerer Stunden ein. Während solcher Perioden ist es möglich, den Abfluss ohne den Beitrag aus der ARA zu schätzen (siehe Anhang und Bericht der Arbeitsgruppe Renaturierung). Während der Trockenperiode im Juli 2006 zeigten Messungen mit gleichzeitiger Begehung des ganzen betroffenen Bachabschnittes, dass die Steinach ohne den Zufluss aus der ARA Hofen auch im Unterlauf zwischen Obersteinach und Mündung noch ausreichend Wasser führte (Anhang in diesem Bericht und Hunziker (2006)).

Die Hochwasserhäufigkeit wird sich kaum ändern und die Hochwasserspitzen werden lediglich um den Zufluss aus der ARA vermindert sein, ausser, wenn die ARA bei Starkregenereignissen in die Steinach entlastet.

Wasserqualität

Falls die ARA Hofen direkt in den Bodensee einleitet, wird sich die Wasserqualität unterhalb der Einleitung gegenüber heute deutlich verbessern. Mit Belastungen durch häufige Mischwasserentlastungen (Lukasmühle) ist auch in näherer Zukunft zu rechnen. Entsprechende Verbesserungen sind sehr aufwändig (Krejci, 2006) und vermutlich nur über einen längeren Zeitraum realisierbar. Aus dem Bericht von (AquaPlus, 2002) geht hervor, dass der Zustand der benthischen Lebensgemeinschaften zwischen den Mischwassereinleitungen bei der Lukasmühle und dem Abwasserkraftwerk Hofen eine abnehmende Belastung widerspiegelt. Es wird erwartet, dass „Selbstreinigung“ in der relativ langen naturnahen Fließstrecke zwischen dem heutigen Abwasserkraftwerk und Steinachburg die Auswirkungen dieser Mischwasserentlastungen weiter mindern wird. Die Konzentrationen der wichtigsten Nährstoffe (P und N) werden sich bei Trockenwetter vermutlich um 0.02 mg PO₄-P/L bzw. 1 mg NO₃-N/L bewegen. Bei Starkregen entlastet

die ARA Hofen heute über den Hofenbach in die Steinach, allerdings weitaus weniger häufig als die Regenbecken in der Stadt St. Gallen.

Mit dem Aufheben der Einleitung wird die Wärmebelastung der Steinach verschwinden. Bei sommerlichem Trockenwetter (geringer Abfluss) besteht die Gefahr einer übermässigen Erwärmung des Wassers, wenn der Bachlauf direkter Sonneneinstrahlung ausgesetzt ist und sich das Wasser in einem weiten (ausgebauten) Gerinne über den ganzen Querschnitt verteilt, wie dies heute zwischen Obersteinach und Mündung der Fall ist.

Algen

Auch ohne ARA-Hofen werden die Nährstoffkonzentrationen, insbesondere P und N, kaum das Algenwachstum limitieren.

Steinachtobel: Zwischen Februar und April (vor dem Blattaustrieb) sind die Voraussetzung für die Bildung dichter Algenbeläge vermutlich weiterhin günstig.

Unterlauf: Zwischen Obersteinach und Mündung muss ganzjährig mit störenden Algenwucherungen gerechnet werden, da Licht nahezu ungehindert auf die Bachsohle fällt und bei Trockenwetter die Fliessgeschwindigkeiten bzw. die Scherkräfte gering sind, welche den Algenaufwuchs begrenzen können.

Invertebraten

Steinachtobel: Die verbesserte Wasserqualität wird sich positiv auf die Zusammensetzung der Wirbellosengemeinschaft auswirken, solange die Abflussreduktion die Heterogenität in Bezug auf Lebensräume und Strömung nicht mindert. Wir erwarten eine ähnliche Lebensgemeinschaft wie sie heute oberhalb der jetzigen Einleitung angetroffen wird (AquaPlus, 2002), wobei der bereits erwähnte Mangel an bestimmten Lebensräumen im unteren Steinachtobel die Entwicklung der Invertebratengemeinschaft teilweise einschränkt.

Unterlauf: Die bereits erwähnten ökomorphologischen Defizite resultieren im Sommer bei Trockenwetterabfluss in relativ hohen Wassertemperaturen und sie begünstigen bei längeren Niederwasserperioden Algenwucherungen (Hunziker, 2004). Da diese Probleme durch die Abflussreduktion verschärft werden, wird sich die Invertebratengemeinschaft ohne flankierende Massnahmen (ökomorphologische Aufwertung) gegenüber der heutigen Situation nur wenig positiv entwickeln.

Empfohlene Massnahmen aus gewässerökologischer Sicht

Unter der Annahme, dass überall im Unterlauf ein ökologisch sinnvoller Trockenwetterabfluss gewährleistet werden kann - die Messungen vom 18. Juli 2006 zeigten, dass 30 - 50 L/s ausreichen⁵ - empfehlen sich aus gewässerökologischer Sicht folgende Massnahmen:

1. Ökomorphologische Aufwertung des begradigten Unterlaufes. Anstelle des gleichförmigen Trapezquerschnittes sollte die Steinach die Möglichkeit (Raum) haben, eine Niederwasserrinne zu formen. Ein solch naturnäheres Gerinne, wird auch bei Tockwetterabfluss noch unterschiedliche benthische Lebensräume umfassen. Grössere Hochwasser sollen den Verlauf der Rinne innerhalb vorgegebener Grenzen verändern können⁶. Die Ufervegetation (Gehölze) sollte so gestaltet werden, dass sie das Bachbett im Sommer beschattet.
2. Längerfristig sollte versucht werden, den Trockenwetterabfluss der Steinach durch geeignete Massnahmen im Siedlungsgebiet der Stadt Gallen zu erhöhen (z.B. durch Bachöffnungen oder Erhöhung der Infiltration von Regenwasser). Ebenfalls längerfristig anzustreben ist eine Reduktion der Mischwasserentlastungen bei der Lukasmühle und der Entlastungen der ARA Hofen.
3. Wie bereits früher erwähnt ist für den Abschnitt Steinachtobel zu prüfen, ob der Mangel an bestimmten aquatischen Habitaten natürlich oder eine Folge der Beeinträchtigungen von Sedimenthaushalt und Hydrologie ist. Im letzteren Fall sollte geprüft werden, ob und mit welchen Massnahmen das Defizit längerfristig reduziert werden könnte.

⁵ Die Begehung der Steinach am 18.7. 2006 bei einem Abfluss von lediglich 50 L/s zeigte, dass die räumliche Heterogenität der Lebensräume in Bezug auf Strömung und Wassertiefe in der Schlucht im Gegensatz zum begradigten Unterlauf gross war.

⁶ Renaturierung bzw. die Verhinderung der Kolmation der Gewässersohle könnte, je nach Grundwasserstand, die Infiltration von Oberflächenwasser ins Grundwasser nach Geschiebe führenden Hochwassern erhöhen (= Abflussreduktion).

Vergleich der beiden Varianten

Die Variante *Beibehaltung der Einleitung* mit gleichzeitiger Verbesserung der Reinigungsleistung der ARA Hofen wäre nur dann vorzuziehen, wenn beim Verzicht auf Einleitung Bachabschnitte während Trockenperioden jeweils trocken fallen. Die Umwandlung der Steinach in ein temporäres (nur zeitweise Wasser führendes) Fliessgewässer hätte einen massiven Biodiversitätsverlust zur Folge (z.B. Lake, 2003; Rüegg & Robinson, 2004). Auch wenn die ARA aufgerüstet wird, bleibt die Wasserqualität in der Steinach unbefriedigend, was sich weiterhin in der Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften niederschlagen wird.

Der Verzicht auf Einleitung (*Variante Entlastung*) drängt sich auf, wenn der minimale Trockenwetterabfluss nicht zu einer nachhaltigen Beeinträchtigung der Lebensgemeinschaften in der Steinach führt, und es längerfristig gelingt, den Trockenwetterabfluss zu erhöhen. Bei diesem Szenario kann mit einer deutlichen Verbesserung der Wasserqualität gerechnet werden, die sich in der Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften widerspiegeln wird, zumindest dort, wo die Gewässerstruktur einschliesslich Uferbereich intakt ist. Die im Sommer 2006 durchgeführten Abflussmessungen deuten darauf hin, dass der Abfluss in der Steinach auch ohne die Abwässer der ARA Hofen bei Trockenwetter ausreichend ist. Aus gewässerökologischer Sicht ist daher die Variante *Entlastung* der Variante *Beibehaltung der Einleitung* vorzuziehen.

Der Steinach-Unterlauf sollte ökomorphologisch aufgewertet werden unabhängig davon, welche der beiden Varianten realisiert wird. Bleibt der ökomorphologische Zustand unverändert, wird sich die Situation für die Lebensgemeinschaften nur in bescheidenem Ausmass verbessern, trotz getroffener Massnahmen zur Verbesserung der Wasserqualität. Insbesondere ist weiterhin mit Algenwucherungen und bei sommerlichem Trockenwetter auch mit übermässiger Erwärmung zu rechnen.

Anhang Hydrologie

Verfügbare Daten

- Steinach bei der Pegelmessstelle Mattenhof (Amt für Umweltschutz St. Gallen, M. Eugster). Tagesmittelwerte 2002 bis 2004 und Ganglinien 2002/2003.
- Tagesmittelwerte des Zuflusses zur ARA-Hofen (Entsorgungsamt der Stadt St. Gallen).
- Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern: Hydrologisches Jahrbuch 2003
- Eine Abflussmessung der EAWAG
- Abflussmessungen des Amtes für Umweltschutz St. Gallen am 25. Juni und 18. Juli 2006.

Das Abflussregime der Steinach

Die Abflussganglinie der Steinach (Station Mattenhof) ist gekennzeichnet durch relativ häufige und wenig vorhersagbare Abflussspitzen (Abbildung 1). Sie gleicht damit den Ganglinien voralpiner Fließgewässer (Uehlinger *et al.*, 1996).

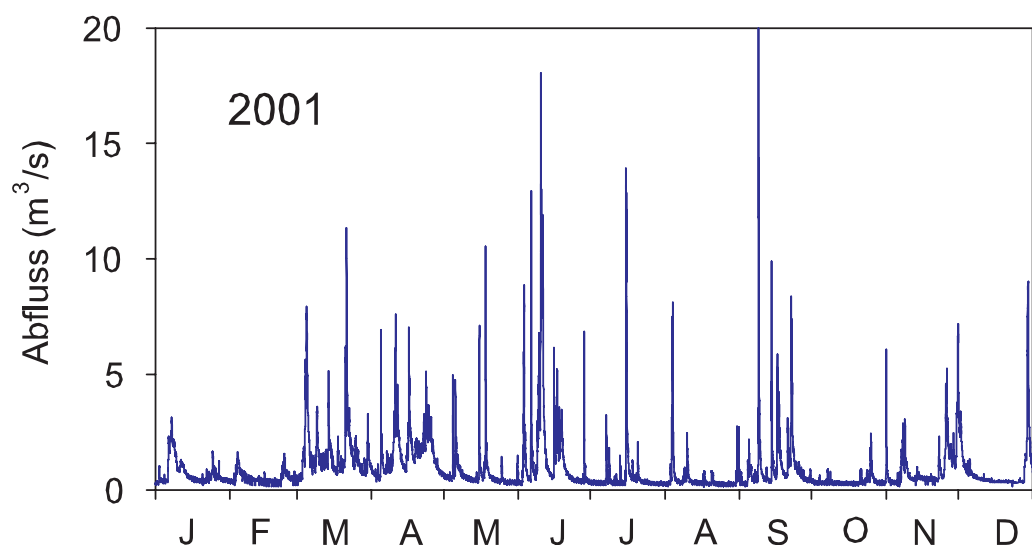


Abbildung 1 Hydrograph der Steinach

Mögliche Beeinträchtigungen des Abflussregimes ergeben sich aus der teilweisen Versiegelung des Einzugsgebietes (Stadt St. Gallen). Flächenversiegelung und die rasche Ableitung von Regenwasser durch die Kanalisation führt im Vorfluter zu Abflussspitzen, die höher und „steiler“ sind, als in

Beitrag der ARA Hofen zum Abfluss der Steinach

In den Jahren 2002 und 2003 trug die ARA-Hofen zwischen 39 und 60% zum jährlichen Abfluss im Unterlauf der Steinach bei. Im Jahr 2003 war der Trockenwetterabfluss (Q_{347}) der Steinach ähnlich gross wie der Trockenwetterabfluss der ARA Hofen (Tabelle 2)

Tabelle 2 Mittlerer Abfluss und Q_{347} der Steinach und der ARA Hofen. Abflussdaten Mattenhof (BAFU, Hydrologisches Jahrbuch). Abfluss aus der ARA Hofen geschätzt anhand des Zuflusses zur ARA (AFU St. Gallen, M. Eugster)

	2002	2003
Abfluss Steinach, Mattenhof		
Mittlerer Abfluss (m^3/s)	0.83	0.56
Q_{347} (m^3/s)	0.27	0.19
Abfluss ARA Hofen		
Mittlerer Zufluss (m^3/s)	0.32	0.29
Q_{347} (m^3/s)	0.18	0.18

Am 8. September 2005 lag der Abwasseranteil der Steinach unterhalb des Abwasserkraftwerkes bei 85% (Abflussmessung der EAWAG, Tabelle 3).

Tabelle 3 Resultate der Abflussmessungen in der Steinach vom 8. September 2005 (EAWAG). Hydro-akustische Messung der Fliessgeschwindigkeiten (Flowtracker, SONTEC).

Messstelle	Zeit ¹	Abfluss (L/s)	Anzahl Messungen
1 Ca. 25 m oberhalb des Abwasser-Kraftwerkes	9:30 10:00	39 ± 3	2
2 ca. 200 m unterhalb des Abwasser-Kraftwerkes ²	10:30 - 11:00	278 ± 20	3
3 Obersteinach bei der Strassenbrücke	12:00 - 12:15	241 ± 10	2
4 Station Mattenhof	9:30 -14.00 ³	151	berechnet über P/Q

¹ Winterzeit

² oberhalb Einmündung Hofenbach.

³ während dieser Zeit war der Pegel konstant

Bei Starkregen fliessen maximal ca. 1200 L/s zur ARA-Hofen. Der Zufluss zum Vorklärbecken ist dabei auf 850 L/s begrenzt, der Rest wird zum Regenbecken geleitet, das in den Hofenbach entlastet. Der ARA-Zufluss könnte den Abfluss in der Steinach um maximal 1.2 m^3/s erhöhen.

Wie viel Wasser bleibt ohne ARA-Zufluss in der Steinach?

Der Vergleich der Trockenwetterabflüsse (Tagesmittelwerte) der Steinach bei der Station Mattenhof und des ARA Abflusses liess befürchten, dass die Steinach beim Wegfall der ARA Hofen zeitweise trocken fallen könnte. Allerdings sind die Unsicherheiten relativ gross, da der Abfluss der ARA nicht

stationär ist und keine Informationen über die Genauigkeit der Abflussberechnung (insbesondere der Pegel-Abflussbeziehung Mattenhof) vorliegen. So betrug am 8. 9. 2005 der berechnete Abfluss bei der Station Mattenhof 151 L/s. Daraus kann man schliessen, dass der Bach auf einer Strecke von 600 m erheblich Wasser verlor (90 L/s, *Tabelle 3*) oder aber im anderen Extremfall der scheinbare Verlust nur die Folge einer ungenauen Pegel-Abflussbeziehung war.

Am 17./18. Juli 2006 wurde der Abfluss der ARA Hofen für ca. 13 Stunden unterbrochen (Detaillierte Beschreibung des Experiments in Hunziker, 2006). Schon nach wenigen Stunden erreichte der Pegel bei der Station Mattenhof einen konstanten Wert. Abflussmessungen, welche 10 - 12 Stunden nach dem Unterbruch des ARA-Zuflusses durchgeführt wurden, zeigten, dass zwischen Steinachburg und Mattenhof der Abfluss von 50 auf 34 L/s sank, während er zwischen Mattenhof und Mündung konstant blieb. Diese Resultate legen den Schluss nahe, dass auch während längeren sommerlichen Trockenperioden die Steinach im Unterlauf nicht trocken fällt. Es kann aber nicht ausgeschlossen werden, dass in extremen Trockenjahren wie z.B. 2003, der Unterlauf teilweise austrocknet.

Referenzen

- AquaPlus. (2002) Biologische Untersuchungen an der Steinach (ed. A. f. U. S. Gallen).
- Bothwell M. L. (1989) Phosphorus-limited growth dynamics of lotic periphytic diatom communities: areal biomass and cellular growth rate responses. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 46, 1293-1301.
- BUWAL (2003). Gewässerökologische Auswirkungen des Schwallbetriebes. Ergebnisse einer Literaturstudie. Mitteilungen zur Fischerei Nr. 75. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.
- Gammeter S. (1996) Einfluss der Siedlungsentwässerung auf die Invertebraten-Zönose kleiner Fließgewässer, pp. 157: Swiss Federal Institute of Technology (ETH) Zürich.
- Grimm N. B. & Fisher S. G. (1986) Nitrogen limitation in a Sonoran Desert (Arizona, USA) stream. *Journal of the North American Benthological Society*, 5, 2-15.
- Hunziker AG (2004) Konzept, Abwassereinleitung der ARA Hofen, St. Gallen. Bericht (Entwurf) zu Handen der Stadt St. Gallen (Ensorgungsamt), pp. 103. Winterthur: Gebrüder Hunziker AG, Ingenieurunternehmung.
- Krejci V. (2006) Massnahmen zur Verbesserung der Wasserqualität der Steinach. Anwendung STORM. Kurzbericht für Besprechung vom 15.6.2006 (ed. E. S. S. G. u. K. S. Gallen). Winterthur: Hunziker AG.
- Lake, P.S. (2003) Ecological effects of perturbation by drought in flowing waters. *Freshwater Biology* 38: 1161-1172.
- Newbold D. J. (1992) Cycles and spirals of nutrients. In: *The rivers handbook. Hydrological and ecological principles* (ed. P. Calow & G. E. Petts), pp. 379-408. London: Blackwell.
- Riederer R. (2006) Steinach: Bemerkungen zum Fischbestand.
- Hunziker AG (2006) Renaturierung der Steinach. Bericht der Arbeitsgruppe Renaturierung der Steinach zuhanden des Entsorgungsamtes der Stadt St. Gallen (Entwurf)
- Rüegg J. & Robinson C.T. 2004. Comparison of macroinvertebrate assemblages in permanent and temporary streams in an Alpine flood plain, Switzerland. *Archiv für Hydrobiologie* 161: 489-510.
- Uehlinger U., Bühler H. & Reichert P. (1996) Periphyton dynamics in a floodprone prealpine river: Evaluation of significant processes by modelling. *Freshwater Biology*, 36, 249-263.

Literatur über Temperatur (im Text nicht zitiert)

- Brittain JE. 1990. Life history strategies in Ephemeroptera and Plecoptera. In: Campbell IC (ed). *Mayflies and Stoneflies*, pp 1-12. Kluwer Academic Press.
- Frutiger A. 1996. Embryogenesis of *Dinocras cephalotes*, *Perla grandis* and *P. marginata* (Plecoptera: Perlidae) in different temperature regimes. *Freshwater Biology* 36: 497-508.
- Sweeney BW. 1984. Factors influencing life-history patterns of aquatic insects. In: Resh V and Rosenberg DM (eds). *The Ecology of Aquatic Insects*. Praeger Publishers, New York.
- Ward JV. 1985. Thermal characteristics of running waters. *Hydrobiologia* 125: 31-46