

Sound of Rivers – Was verrät die Akustik eines Gewässers?

Schon seit vielen Jahrzehnten sind Flüsse und Bäche Gegenstand intensiver Forschung, wobei die hydraulischen, geomorphologischen und ökologischen Eigenschaften klar im Vordergrund stehen. Die spezifische physikalische Erzeugung des Unterwasserschalls als eine wesentliche Eigenschaft von Fließgewässerlandschaften wurde hingegen zumeist vernachlässigt. Das Projekt „Sound of Rivers“ will diese Lücke schliessen.

Diego Tonolla

Jedes Fließgewässer produziert auf seiner ganzen Strecke von der Quelle bis zur Mündung eigene Klangwelten. Dabei weckt das charakteristische Rauschen und Plätschern eines Bergbachs, das Gurgeln einer Quelle, das Tosen eines Wasserfalls oder das Klickern und Rieseln von Kies auf der Gewässersohle seit Jahrhunderten bei uns Menschen Erinnerungen und Phantasien, eine Faszination, die von Dichtern

und Musikern seit jeher in ihrer Kunst erfasst wurde.

Systematisch erforscht wurde der Klang von Fließgewässern bislang jedoch nicht. So liefert das Projekt „Sound of Rivers“ mit Hilfe von naturwissenschaftlichen Methoden den ersten quantitativen Einblick in die Unterwasserakustik von Fließgewässerlandschaften. Die Hauptziele dieses Projektes sind

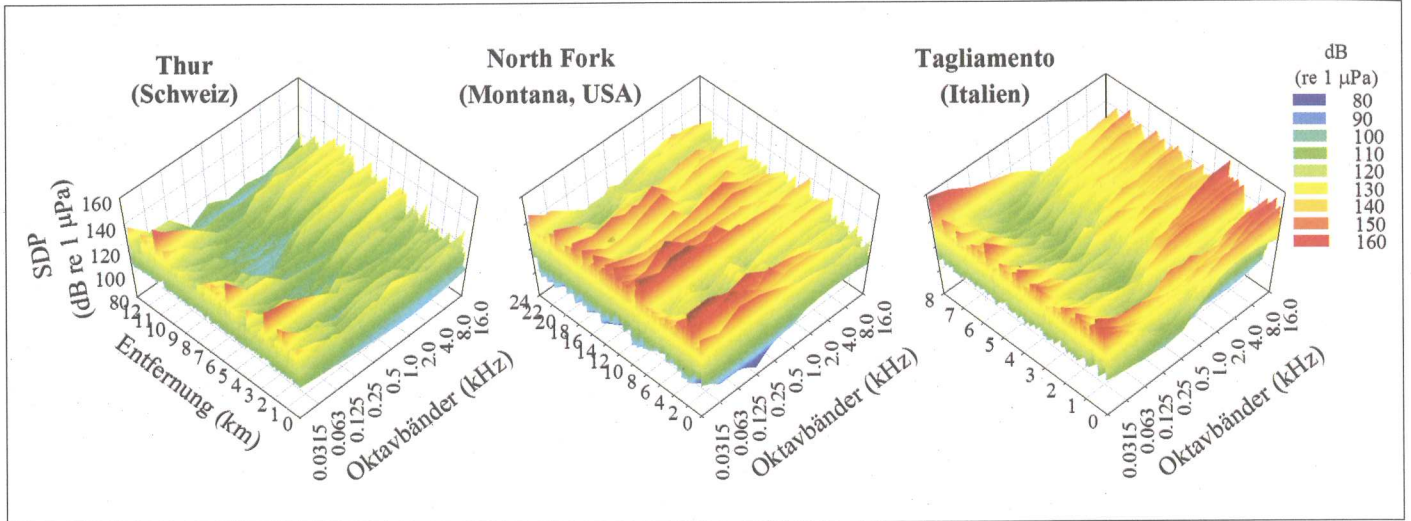
- die Identifizierung der wichtigsten hydraulischen und geomorphologischen

Merkmale, die die Erzeugung und Verbreitung von Unterwasserschallsignalen in Fließgewässern am besten erklären,

- die Charakterisierung und der Vergleich von Fließgewässerhabitaten und Fließgewässerabschnitten aufgrund ihrer akustischen Eigenschaften, und
- die Diskussion der potenziellen ökologischen Relevanz (z.B. Ökologie, Geschiebe, Fauna) verschiedener akustischer Eigenschaften.

▼ Das Projekt „Sound of Rivers“ erforscht den Klang von Fließgewässern.





▲ Klanglandschaften dreier verschiedener Fließgewässertypen bei mittleren Abflussbedingungen. Die kanalisierte Thur zeigt die homogenste Klanglandschaft mit nur einigen typischen Lautstärke-Peaks in Bereichen mit Sedimenttransport. Die rauhe Gewässersohle in der North Fork generiert Strömungshindernisse, die die Wasseroberfläche durchbrechen, wobei ausgeprägte, turbulente Abschnitte mit Wellen und Wasserblasen entstehen. Diese führen zu einer markanten Zunahme der Lautstärke vor allem in den mittleren Frequenzen. Die grosse Zahl der Sand-Kies-Bänke im Tagliamento versorgt den Hauptkanal mit viel Sediment, was an den ausgeprägten Lautstärke-Peaks in den hohen Frequenzen zu erkennen ist.

Von kontrollierten Laborbedingungen ins offene Gewässer

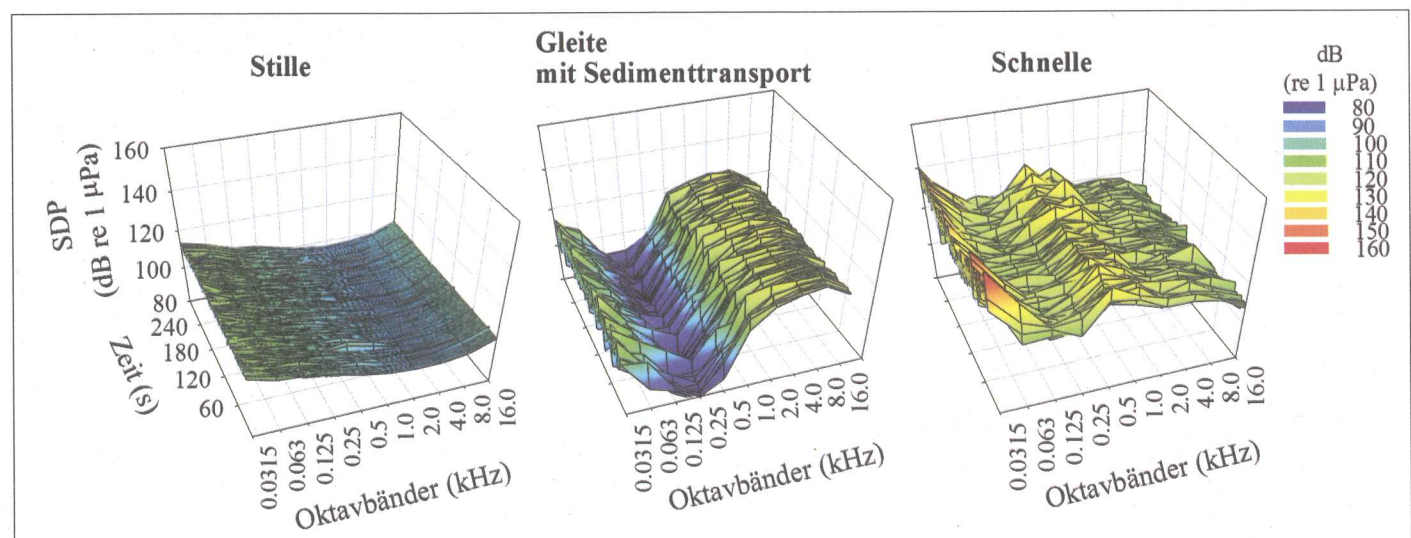
In der ersten Studie wurden unter kontrollierten Laborbedingungen die Effekte hydraulischer und geomorphologischer Parameter (z. B. Abflussmenge, Fließgeschwindigkeit, Flussbettstrukturen) sowie induzierter Wirbelströmungsbildung auf die

akustische Signalerzeugung quantifiziert. Die aus diesen Versuchskanal-Studien gewonnenen Erkenntnisse wurden dann im nächsten Schritt auf das Feld übertragen und in fünf verbreitet vorkommenden Fließgewässerhabitaten von 12 Schweizer Flüssen getestet. Anschliessend wurden die Daten analysiert und unter Beachtung ihrer akustischen, hydraulischen und geomorphologischen Variablen verglichen. In einer dritten Studie wurden die akustischen Signale und hydraulischen Strömungsverhältnisse schliesslich kontinuierlich von einem Floss aus erfasst. Die Daten wurden während mittlerer Abflussbedingungen an fünf Flussabschnitten (in der Schweiz, Italien und USA) unterschiedlicher hydraulischer und geomorphologischer Ausprägung gesammelt. Um den Einfluss der Abflusserhöhung auf das akustische Signal bestimmen zu können, wurden zwei der fünf Abschnitte

danach auch noch unter verschiedenen Abflussmengen untersucht.

Die akustischen Unterwassersignale wurden von je zwei stromaufwärts ausgerichteten Hydrophonen (spezielle Unterwassermikro-

▼ Klanglandschaften dreier verschiedener Lebensräume (Habitate). Stille: tiefer, langsam fließender Abschnitt mit glatter Wasseroberfläche; Gleite: gleichmässiger, gradliniger Abschnitt, wenig Bewegung (Turbulenzen) an der Wasseroberfläche; Schnelle: schnell fließender Abschnitt mit exponiertem oder teil-exponiertem Substrat und ausgeprägten Wellen an der Wasseroberfläche. X-Achse: Frequenz in kHz; Y-Achse: Aufnahmezeit in Sekunden (5 Minuten); Z-Achse: Schalldruckpegel (SDP) in absoluten dB. Die Stille zeigt eine monotone/homogene Klanglandschaft ohne typische Lautstärke-Peaks; Gleiten mit Sedimenttransport weisen eine typische Zunahme der Lautstärke in den hohen Frequenzen auf, während Schnellen (hohe Rauheit der Gewässersohle, Turbulenzen, Wellen und Wasserblasen) durch Lautstärke-Peaks in den mittleren Frequenzen charakterisiert sind.



phone) aufgezeichnet und unter Verwendung einer Signalverarbeitungssoftware akustisch analysiert.

Akustische Unterwasserlandschaften

Die Ergebnisse aus den drei Studien zeigten, dass tatsächlich bestimmte akustische Unterwasserlandschaften – sogenannte Klanglandschaften – existieren, die auf Grundlage ihrer akustischen Heterogenität und ihres Schalldruckpegels („Lautstärke“) zur Quantifizierung hydrologischer und geomorphologischer Prozesse, sowie zur Unterscheidung aquatischer Habitats (z.B. Stille, Gleite, Schnelle) und Fließgewässertypen (z.B. kanalisiert, natürlich verengt, freifliessend) verwendet werden können.

Ausgeprägte Klanglandschaften wurden in räumlichen Dimensionen von Zentimetern (Studie 1), Metern (Studie 2), bis zu mehreren Kilometern (Studie 3) erfasst. Dabei wurde deutlich, dass natürlichere Fließgewässerabschnitte mit hydraulisch und geomorphologisch heterogeneren Habitats komplexere Klanglandschaften aufweisen als verbaute Bereiche. Ferner konnte bestimmt werden, dass die bedeutendsten Unterschiede in den akustischen Eigenschaften von Habitats und Fließgewässertypen im Wesentlichen von der relativen Rauheit der Gewässersohle (Verhältnis zwischen Sedimentgröße und Wassertiefe), der Fließgeschwindigkeit, der Wassertiefe und den Partikelkollisionen während des Sedimenttransports am Flussbett abhängen. Insbesondere die Zunahme der Fließgeschwindigkeit führte zu einem erhöhten Schalldruckpegel über ein breites Band von Frequenzen. Die Zunahme der relativen Rauheit äusserte sich vor allem in einer Erhöhung des Schalldruckpegels in den mittleren Frequenzbereichen (~0,063-1 kHz), während die Zunahme des Sedimenttransports am Flussbett in einer Erhöhung des Schalldruckpegels in den oberen Frequenzbereichen (~2-16 kHz) resultierte. Die beiden letztgenannten Faktoren waren für den Grossteil der Heterogenität des akustischen Signals verantwortlich.

Abflussänderungen wirkten sich in erster Linie auf die relative Rauheit, die Turbulenz

und den Sedimenttransport aus und führten ihrerseits zu einer charakteristischen Veränderung der Klanglandschaften in bestimmten Frequenzen.

Die Klangwelt – eine neue Dimension der Gewässer

Mit dem Projekt „Sound of Rivers“ wurde eine neue Dimension der Gewässer erschlossen – die Klangwelt. Die Ergebnisse dieses Projekts zeigten deutlich, dass der physikalisch erzeugte Unterwasserschall ein komplexes und robustes Signal ist und deshalb als eine wichtige und einzigartige Eigenschaft von Fließgewässerökosystemen betrachtet werden sollte. Jeder Fluss besitzt seinen einzigartigen Klang unter Wasser, abhängig von der Beschaffenheit seines Betts, der Verbauung, der Wassermenge, den Wellen, Wirbeln und dem Geschiebe.

Darüber hinaus können Klanglandschaften zur Bewertung und Quantifizierung der Heterogenität von Fließgewässern verwendet werden, da sie wichtige hydraulische (Turbulenzebenen) und geomorphologische (Sedimentmobilität) Eigenschaften reflektieren.

Je heterogener der Klang, desto vielfältiger das Flussökosystem

Akustische Signale könnten potenziell zur Überwachung der Massnahmen zur Flussrevitalisierung verwendet werden, da Renaturierungsmassnahmen das Strömungsfeld und folglich auch den Sedimenttransport und die Sedimentablagerungsprozesse beeinflussen oder ändern.

Weiterhin ist bekannt, dass die inter- und intraspezifische Kommunikation nicht die einzige Rolle des Schalls in aquatischen Ökosystemen darstellt, sondern dass viele aquatische Organismen (z.B. Fische) auch akustische Signale für die räumliche Orientierung und die Auffindung passender Habitats benutzen können. Es ist anzunehmen, dass die physikalisch erzeugten Unterwasserklanglandschaften den Süßwasserorganismen wichtige Informationen über ihre Umgebung liefern und damit eine wesentliche Bedeutung für ihr Verhalten und ihre Ökologie haben. So könnten bestimmte Klänge zum

Beispiel als Leitlinie zum Auffinden guter Laichgründe dienen oder als Hinweis auf ein bestimmtes Nahrungsangebot oder viel Sauerstoff (denn wo das Wasser turbulenter ist, also mehr Klang in den mittleren Frequenzen aufweist, nimmt es verstärkt Sauerstoff auf). In Stresssituationen, zum Beispiel bei Hochwasser, könnten diese Signale den Organismen andererseits auch helfen, Refugialbereiche aufzusuchen oder Informationen bezüglich anderer Umweltvariablen wie Fließgeschwindigkeit zu erhalten. Anthropogen bedingter Unterwasserlärm, etwa durch die Schifffahrt oder durch künstliche Verbauungen könnten die Wahrnehmung dieser Klangmuster dagegen erschweren und das Fischverhalten negativ beeinflussen und zu Stresssymptomen führen.

Der zu erwartende Zusammenhang zwischen der Ausprägung des Unterwasserklangs und dem Verhalten von Fischen und Wirbellosen ist Gegenstand künftiger Untersuchungen.

Der Klang der Gewässer kann überdies auch einen wichtigen Beitrag zur Wertschätzung von vielfältigen Fließgewässern als natürliche Ressource leisten und Gewässerschutzthemen für die Öffentlichkeit versachlichen.



Diego Tonolla

hat Umweltnaturwissenschaften an der ETH studiert und im Juni 2011 an der Freien Universität

Berlin promoviert. Er arbeitet zurzeit als Gastwissenschaftler am Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) in Berlin; Das Projekt „Sound of Rivers“ war ein Thema der Doktorarbeit.

Dr. Diego Tonolla
Leibniz-Institut für
Gewässerökologie und
Binnenfischerei (IGB)
Müggelseedamm 310
12587 Berlin
Deutschland