

Messnetz des Bundes für den Transport suspendierter Sedimente in Fließgewässern – Geschichte und zukünftige Entwicklung

D. Alessandro Grasso, Carlo Scapozza, Florian R. Storck

Zusammenfassung

In der Schweiz begann die Überwachung des Sedimenttransports in Flüssen Ende des 19. Jahrhunderts mit den Korrekturen der grossen Flüsse (Kander, Linth, Aare, Rhein). Bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts wurde die Schätzung des Volumens der von Flüssen transportierten Sedimente durch regelmässige mehrjährige bathymetrische Untersuchungen von Seen durchgeführt. In den 1960er-Jahren begann der Bund mit dem Aufbau eines Überwachungsnetzes für den Transport von Feststoffen in Flüssen von nationalem Interesse. Dieser Artikel stellt die Rechtsgrundlagen und die Bedeutung der Überwachung von Sedimentflüssen sowie die Vision und Strategie der Abteilung Hydrologie für die nahe Zukunft dar.

Résumé

En Suisse, la surveillance du transport des sédiments dans les rivières a commencé à la fin du XIX^e siècle avec les corrections des grands fleuves (Kander, Linth, Aare, Rhin). Jusqu'au milieu du XX^e siècle, l'estimation du volume des sédiments transportés par les rivières était réalisée au moyen de relevés bathymétriques réguliers pluriannuels des lacs. Dans les années 1960, la Confédération a commencé à mettre en place un réseau de surveillance du transport des solides des rivières d'intérêt national. Cet article présente la base juridique de l'importance du suivi des flux de sédiments, ainsi que la vision et la stratégie de la division Hydrologie pour le proche avenir.

1. Einleitung

In der Schweiz begann die Überwachung des Sedimenttransports in Flüssen Ende des 19. Jahrhunderts mit den Korrekturen der grossen Flüsse (Kander, Linth, Aare, Rhein). Bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts wurde die Schätzung des Volumens der von Flüssen transportierten Sedimente durch regelmässige mehrjährige bathymetrische Untersuchungen von Seen durchgeführt. Seit den 1960er-Jahren werden suspendierte Schwebstoffe in Schweizer Flüssen auf nationaler Ebene untersucht. Die Schwebstoffmessung ist Teil hydrologischer und umweltbezogener Beobachtungen und für die Optimierung der Bewirtschaftung (z.B. Schifffahrt) und den Schutz natürlicher und künstlicher Wasserläufe und Stauseen in der Schweiz von entscheidender Bedeutung (z.B. Kolmatierung des Flussbettes, Verschlammung, Verfüllung und Verlandung). Wichtige Parameter sind neben dem Abfluss und der Kenntnis des Gewässerpro-

files die Trübung, die Konzentration suspendierter Feststoffe (suspended solids concentration – SSC, bzw. matières en suspension MES) sowie die Korngrößenverteilung der Partikel.

Die Umweltbeobachtung liefert die Daten und Informationen, die für umweltpolitische Diskussionen und Entscheidungen erforderlich sind, und ist daher ein wesentlicher Bestandteil der Umwelt- und Ressourcenpolitik. Die langfristige Beobachtung der Umwelt ermöglicht es, den aktuellen und früheren Zustand der hydrologischen Umwelt zu vergleichen, die Umsetzung und Wirksamkeit der zum Schutz ergriffenen Massnahmen zu überwachen und frühzeitig neue Probleme zu identifizieren. Im Allgemeinen verbessert die Beobachtung der Umwelt das Verständnis des hydrologischen Systems. Aus langjährigen Zeitreihen lassen sich Trends ermitteln und mit Einschränkungen grobe Abschätzungen für künftige Entwicklungen ableiten. Vor dem Hintergrund des Klima-

wandels und der sich ändernden hydrologischen Rahmenbedingungen (BAFU, 2021; National Centre for Climate Services, 2018) konnten auch Veränderungen beim räumlich-zeitlichen Muster des Feststofftransports und der transportierten Frachten auftreten. Die Weiterentwicklung des Feststoffmonitorings muss deshalb gerade die Gebiete berücksichtigen, die einem starken Wandel unterliegen, wie etwa die hochalpinen vom Gletscherrückzug betroffenen Regionen (Mölg et al., under review).

2. Rechtsgrundlage und Strategie

Die Mission des Bundesamts für Umwelt (BAFU) bezüglich Schwebstoffmonitoring ergibt sich aus Artikel 12 der Verordnung über die Organisation des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK). Dieser ist in drei Teile gegliedert:

1. Die natürlichen Ressourcen (Boden, Wasser, Wälder, Luft, Klima, Artenvielfalt und Vielfalt der Landschaften) zu schützen und nachhaltig zu nutzen und die ihnen zugefügten Schäden zu reparieren;
2. Den Menschen vor übermässiger Belastung zu schützen (einschliesslich Lärm, Schadorganismen und Schadstoffen, nichtionisierender Strahlung, Abfall, kontaminierten Standorten und schweren Unfällen);
3. Schutz von Menschen und Eigentum von bemerkenswertem Wert vor hydrologischen und geologischen Gefahren, insbesondere vor den Gefahren, die mit Überschwemmungen, Erdbeben, Lawinen, Erdbeben, verschiedenen Formen von Erosion und Steinschlag verbunden sind.

Die Bundesaufgaben im Zusammenhang mit Feststoffen ergeben sich aus der Mission des BAFU und aus den folgenden rechtlichen Grundlagen

Für die nachhaltige Bewirtschaftung der Wasserressourcen und den Schutz vor

Schadstoffen sind die Erhebung und Analyse von Daten zur Wasserqualität und damit auch zu Schwebstoffen von wesentlicher Bedeutung.

Die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Überwachung der Sedimente und suspendierten Feststoffe in Fließgewässern und die Kompetenzen des Bundes bzw. des BAFU ergeben sich aus dem Gewässerschutzgesetz (GSchG) und der Gewässerschutzverordnung (GSchV), dem Wasserbaugesetz (WBG) und der Verordnung über den Wasserbau (WBV), dem Geoinformationsgesetz (GeolG) und der Geoinformationsverordnung (GeolV) und dem Umweltschutzgesetz (USG) (Tabelle 1). Nachteilige Auswirkungen auf Mensch, Umwelt und Güter sollen erkannt und vermieden werden. Um in diesem Zusammenhang Schutzmassnahmen ergreifen zu können, sind Erfahrung und Kenntnis der Sedimentmengen in Wasserläufen erforderlich. Zudem sollen die Daten der Öffentlichkeit zur Verfügung stehen.

3. Ziele der Schwebstoff-Messungen in Flüssen

3.1 Abschätzung der Stabilität, Erosion und der Bodenverluste in Wassereinzugsgebieten

Aufgrund des Klimawandels sind die Dürreperioden länger und die Schauer intensiver, die durchschnittliche Jahrestemperatur steigt (National Centre for Climate Services, 2018). Gletscher und Permafrost, die Faktoren für die Bodenstabilität sind, gehen zurück. Diese Veränderungen führen zu einer Zunahme der Erosionsrate und des Bodenverlusts in den Wassereinzugsgebieten und damit zu einer Zunahme des Sedimenttransports im Wasserlauf. Die Messung von Schwebstoffen ist ein guter Indikator für die Folgen des Klimawandels.

3.2 Vorhersage der Verlandungsdauer schiffbarer Seen

Schweizer Seen sind wichtige Wasserstrassen. Sedimente, die von Zuflüssen trans-

portiert und in Seen abgelagert werden, behindern langfristig betrachtet die Schifffahrt. Um diese Wasserstrassen zu schützen, ist es notwendig, das Volumen der von den Flüssen transportierten und im See abgelagerten Sedimente zu messen und möglicherweise Sedimentbaggeraktionen durchzuführen, die Hindernisse für die Schifffahrt beseitigen.

3.3 Bewertung der Ausbreitungsgeschwindigkeit von Flussdeltas in Seen

Die Oberfläche und das Volumen der Seen nehmen mit dem Vorrücken der Deltas von Zuflüssen ab. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit eines Deltas hängt vom Sedimentvolumen ab, das vom Zufluss transportiert wird. Die Kenntnis der Sedimentfrachten ist erforderlich, um die zeitliche Entwicklung der Ausbreitung von Deltas abzuschätzen.

3.4 Abschätzung der Kolmatierung des Flussbettes

Das Grundwasser kann entweder den Fluss speisen oder selbst durch Flüsse gespeist werden. Die Kolmatierung des Bettes eines Wasserlaufs behindert jedoch die Interaktion des Gewässers mit dem Grundwasser. Eine kolmatierte Gewässersohle kann zu einem niedrigeren Grundwasserspiegel führen, als dies ohne Kolmatierung der Fall wäre. Zusätzlich verstopft die Kolmatierung des Bettes die Zwischenräume des Substrats am Gewässergrund, die für die Reproduktion und das Überleben lithophile Spezies notwendig sind. Die Kolmatierung des Substrats kann zu einer fast vollständigen Sterblichkeit des Laiches und einem Rückgang der Biodiversität führen (z.B. Jensen et al., 2009; Bo et al., 2007). Die Korngrösse spielt dabei eine wichtige Rolle, je feiner die Sedimente, desto grösser die Beeinträchtigung.

3.5 Sedimentverschmutzung bewerten

Sedimente bilden ein dynamisches und wesentliches Kompartiment in aquatischen Ökosystemen. Sie spielen für viele Tiere und Pflanzen eine wichtige Rolle als Lebensraum oder Nistplatz. Sie weisen jedoch die Eigenschaft auf, Schadstoffe zu absorbieren und zu adsorbieren, die für Organismen toxisch sein können, und wirken somit als Reservoir und sekundäre Quelle für langfristige Kontamination. Die Kenntnis der physiko-chemischen Eigenschaften (z.B. Gehalt an organischem Kohlenstoff, Zusammensetzung der Tonminerale) und der Schadstoffbelastung von Sedimenten ist daher erforderlich, um die ökologische Integrität aquatischer Ökosysteme zu schützen.

Gesetzliche Grundlage	Gegenstand	Anforderung / behördliche Auflage
GSchG, Art. 39	Sedimente in Seen einbringen	Verboten
GSchG, Art. 40 GSchV, Art. 42	Methoden zur Entfernung der in Rückhaltebecken angesammelten Sedimente	Maximale Schwebstoffkonzentration, die im Gewässer während der Spülung oder Entleerung eingehalten werden muss (i.d. Praxis von der Vollzugsbehörde festgelegt)
GSchG, Art. 44 GSchV, Art. 43	Ausbeutung von Kies und Sand in Fließgewässern	Darf keine Trübung verursachen, die Fischgewässer beeinträchtigen kann
GSchG, Art. 43a	Geschieberegime eines Fließgewässers	Darf durch Anlagen nicht so verändert werden, dass die einheimische Flora und Fauna und ihre Biotope, das Grundwasserregime und der Schutz vor Wasser ernsthaft geschädigt werden
GSchV, Anhang 1.3.b	Oberflächenwasserqualität	Muss so beschaffen sein, dass die Sedimente keine künstlichen, langlebigen Stoffe enthalten
GSchV, Anhang 1.3.c	Oberflächenwasserqualität	Muss so beschaffen sein, dass Substanzen, die durch menschliche Aktivitäten ins Wasser gelangen und dieses verunreinigen können, sich nicht in Schwebstoffen oder Sedimenten anreichern und keine nachteiligen Auswirkungen auf die Biozönosen oder die Nutzung von Gewässern haben
WBG, Art. 1	Menschen und materielle Güter	Schutz vor den schädlichen Auswirkungen von Wasser, insbesondere vor Überschwemmungen, Erosion und Sedimentation
GeolG GeolV	Geodaten	Regelung für schweizweite Verbreitung und Zugänglichkeit
WBV, Art. 20a GeolV, Art. 11	Geodatenmodell für die Sedimente von Wildbächen	Zuständigkeit des BAFU, das Modell zu erstellen
USG, Art. 44	Untersuchungen zu Umweltbelastungen und Überwachung der Wirksamkeit der nach dem Gesetz getroffenen Massnahmen	Zuständigkeit des Bundes

Tabelle 1: Rechtliche Grundlagen für das Monitoring suspendierter Feststoffe.

3.6 Vorhersage der Auswirkung von suspendierten Feststoffen auf die Biozönose der aquatischen Umwelt

Das Vorhandensein fein suspendierter Sedimente im Wasser beeinflusst seine physikalischen Eigenschaften. Die Sonnenstrahlen, die ins Wasser gelangen, werden von den Partikeln gestreut und teilweise absorbiert. Dies führt zu einer Verringerung des Lichteinfalls in die Wasserschicht. Zusätzlich absorbieren die suspendierten Partikel Wärme, was zu einem Anstieg der Wassertemperatur führt. Die Sedimente verursachen eine Abnahme der Photosyntheseaktivität und folglich der Primärproduktivität (durch Photosynthese fixierte organische Substanz). Suspendierte Partikel sind für Wirbellose schädlich und verursachen ein Verstopfen der Filterorgane in den Ernährungssystemen sowie in den Verdauungs- und Atmungsorganen. Obwohl Fische kurze Expositionen gegenüber hohen Schwebstoffkonzentrationen tolerieren können, führen lange Expositionen zu einer Veränderung der opercularen Höhle und einer Reizung der Kiemen. Eine hohe Konzentration an Schwebstoffen hemmt zudem die Entwicklung von Eiern und Larven. Eine Übersicht über die Reaktionen von Fischen als Funktion der Trübungsintensität und der Expositionsdauer findet sich in *Newcombe & Jensen (1996)*. Neben der Gesamtkonzentration der suspendierten Feststoffe (total suspended solids – TSS) ist es ebenfalls wichtig, die Grössenverteilung der Schwebstoffe zu kennen, da feine Partikel die Wasserflora und -fauna mitunter stärker schädigen können als grobere. Auf der Ebene der aquatischen Biozönosen sind die Auswirkungen der Trübung auf allen trophischen Ebenen zu spüren. Eine umfassende Synthese wurde von *Bucher (2002)* im Rahmen des nationalen Projekts «Schweizer Netzwerk Fisch in Reduktion – Fischnetz» durchgeführt.

3.7 Kontrolle der Wasserqualität für den Freizeitgebrauch

Ob für Sport oder Entspannung, Gesundheit oder Vergnügen, Wasser bietet ein Gefühl von Vergnügen und Wohlbefinden, das schwer zu vergleichen ist. Wasser in Seen oder Flüssen, das zu Erholungszwecken verwendet wird, kann jedoch aufgrund seiner Belastung mit suspendierten Feststoffen unhygienisch sein. Sedimente sind eine potenzielle Kontaminationsquelle, da feine Sedimente die Eigenschaft haben, potenziell toxische Schadstoffe zu absorbieren. Sportler müssen daher unbedingt

Zugang zu sauberem und gesundem Wasser zum Schwimmen haben. Zum Schutz der öffentlichen Gesundheit ist es daher erforderlich, die Belastung von Sedimenten und suspendierten Feststoffen mit Schadstoffen, die Gesamtkonzentration der suspendierten Feststoffe sowie die Korngrößenverteilung zu ermitteln.

3.8 Stauanlagen vor Verfüllung schützen

Rund 57 Prozent des in der Schweiz produzierten Stroms stammten 2019 aus Wasserkraft (*BFE, 2020*). Es ist daher wichtig, die Speicherseen für die Stromerzeugung vor Verfüllung zu schützen. Die Sedimentfracht, die von Gewässern transportiert und im Stausee abgelagert wird, verringert das für die Stromerzeugung aus Wasserkraft verfügbare Wasservolumen und damit die Lebensdauer des Reservoirs. Die Kenntnis der Schwebstofffrachten (neben der Geschiebefracht) ermöglicht es, die im Reservoir abgelagerten Sedimentvolumina und damit die Lebensdauer des Stausees abzuschätzen und nach Lösungen zu suchen, um diese zu verlängern.

3.9 Wasserkraftanlagen und andere technische Anlagen schützen

Turbinen in Wasserkraftwerken müssen mit Filtern vor Verschleiss geschützt werden, deren Maschengrößen ebenfalls mittels Schwebstoffmessung bestimmt wird. So sind die Wassereinflüsse typischerweise durch Gitter geschützt, die nach Schwebstoffmessungen dimensioniert sind. Hierbei ist es wichtig, nicht nur Konzentrationen, sondern auch die Korngrößenverteilung der suspendierten Partikel und deren zeitliche Entwicklung zu kennen. Ähnliche Fragen ergeben sich bei Nutzern von Kleinflüssen.

4. Benutzer und Nutzniesser der Daten

Die Nutzer der Daten sind in der Regel Universitäten, Forschungsinstitute, Bundesverwaltung, Fachabteilungen der Kantone, private Firmen (z.B. Betreiber von Wasserkraftanlagen) und Ingenieurbüros sowie Privatpersonen und Vereine. Die Hauptanwendungsbereiche der Daten sind: Hydrodynamik von Seen, Transport von Nähr- und Schadstoffen, Transport von Schwebstoffen in alpinen Regionen, Validierung mathematischer Modelle, Validierung neuer Techniken zur Messung des Materialtransports von Feststoffen, Bodenerosion, Schutz der Fischzucht, Dimensionierung und Spezifikation technischer Anlagen usw.

5. Schwebstoffmessnetz des Bundes

Das Bundesamt für Umwelt hat folgende Kriterien für die Auswahl der Messstationen für Schwebstoffe definiert:

- Flüsse von nationalem Interesse:
 - Grosse Flüsse, die durch mehrere Kantone fließen, oder internationale Fließgewässer sowie Seen, an welche mehrere Kantone grenzen oder welche die Grenze zu Nachbarländern bilden
 - Flüsse, die im Rahmen grosser historischer Korrektionsprojekte unter massgeblicher Beteiligung des Bundes umgestaltet wurden und deren Langzeitauswirkungen mittels periodischer Vermessung zu beurteilen sind
 - Flüsse, die im Rahmen grosser aktueller Hochwasserschutzprojekte unter massgeblicher Beteiligung des Bundes umgestaltet werden und deren Auswirkungen mittels der periodischen Vermessung zu beurteilen sind
 - Flüsse und Seen, entlang welchen ein grosses Schadenspotenzial vorhanden ist
 - Zuflüsse, deren Transportvermögen für Wasser und Geschiebe bzw. deren Zufuhr (Abfluss, Geschiebezufuhr) für das übergeordnete Flusssystem eine massgebende Bedeutung haben
 - Flüsse, an welchen ausgedehnte Auengebiete nationaler Bedeutung vorhanden sind
- Messung des Schwebstofftransports in den wichtigsten Seen;
- Messung der Feststofffrachten, die die grossen Schweizer Wassereinzugsgebiete verlassen, um den Bodenverlust abzuschätzen;
- Messung der Auswirkungen des Klimawandels (Rückzug von Gletschern und Permafrost) auf den Erosions- und Sedimenttransportprozess;
- Repräsentativität verschiedener Typologien aquatischer Systeme wie Flüsse, Tieflandflüsse, Ströme;
- Überwachung des Zustands von Wasserläufen.

Operatives Vorgehen und Qualitätsmanagement im Jahr 2020:

- Die Repräsentativität der Schwebstoffprobenentnahme in Flüssen zu gewährleisten.
- Die Gewährleistung der Probenentnahme (zweifachentlich und zusätzlich bei Überschwemmungen).

- Die regelmässige Durchführung der Konzentrationsprofile (ein- bis zweimal pro Jahr, Bild 1). Diese dienen zur Kontrolle der Repräsentativität der Stichproben (Grasso et. al, 2012; Grasso et al. 2014).
 - Bei Bedarf Installation eines Autosamplers zur kontinuierlichen Probenahme.
 - Die Verfügbarkeit gemessener und berechneter Abflusswerte.
 - Die Unabhängigkeit der Qualität der Messdaten von der Messtechnik.
- Insgesamt umfasst das Netzwerk 54 MES-Messstationen (Tabelle 2), von denen derzeit 13 in Betrieb sind (Tabelle 3). Alle diese 13 Betriebsstationen sind mit mindestens einem Trübungssensor ausgestattet (Bild 2).

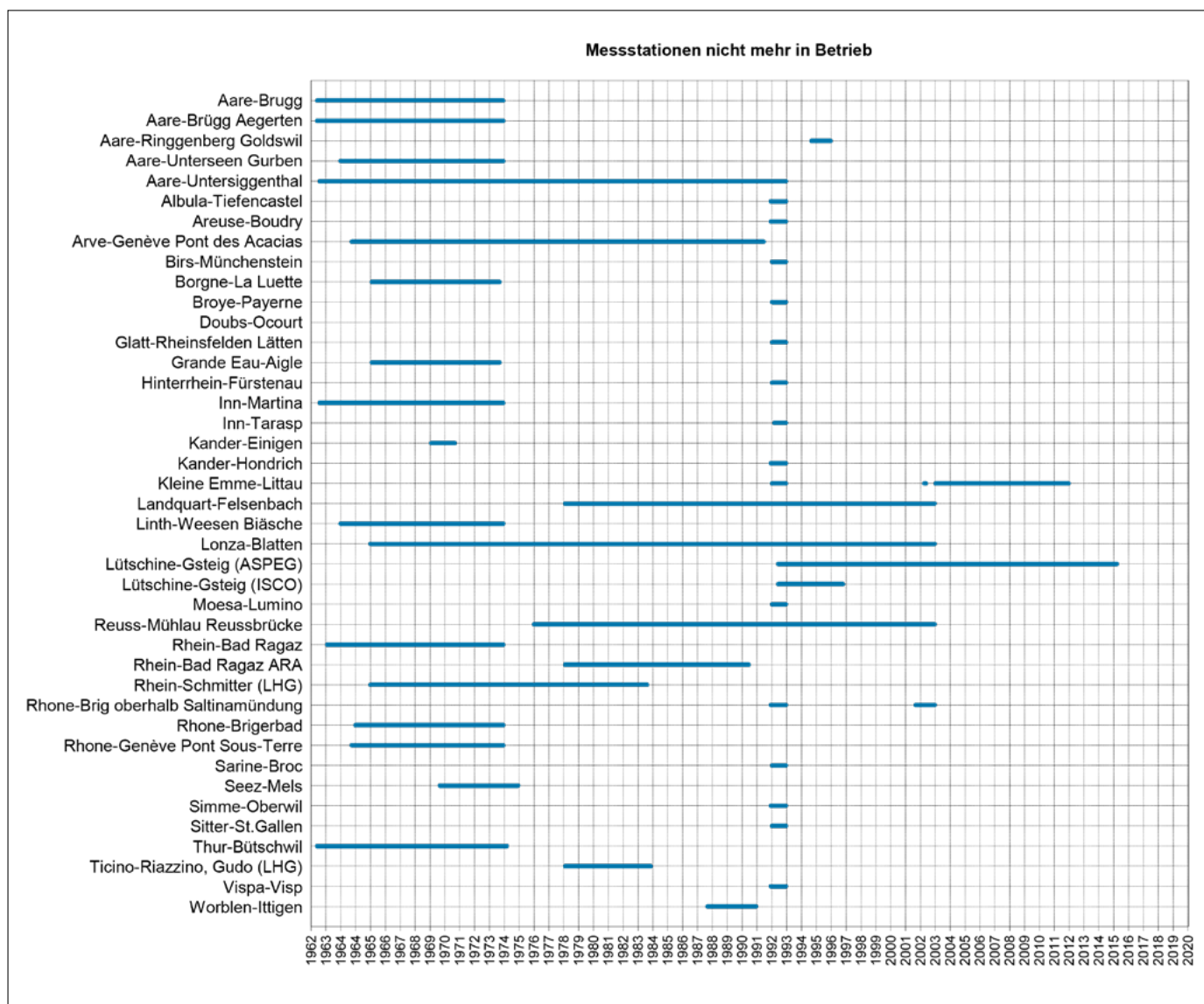


Tabelle 2: Liste der nicht mehr in Betrieb befindlichen Schwebstoff-Messstationen mit den Inbetriebnahmezeiten.

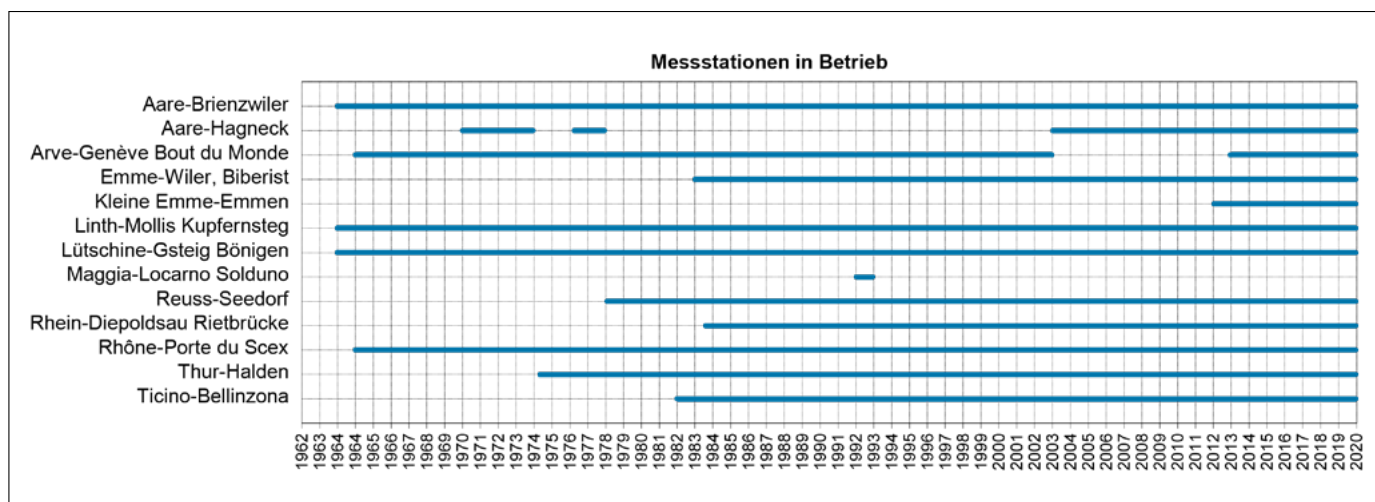


Tabelle 3: Liste der aktuellen Schwebstoff-Messstationen mit den Inbetriebszeiten.



Bild 1: Vorrichtung zur Entnahme von Schwebstoffproben.

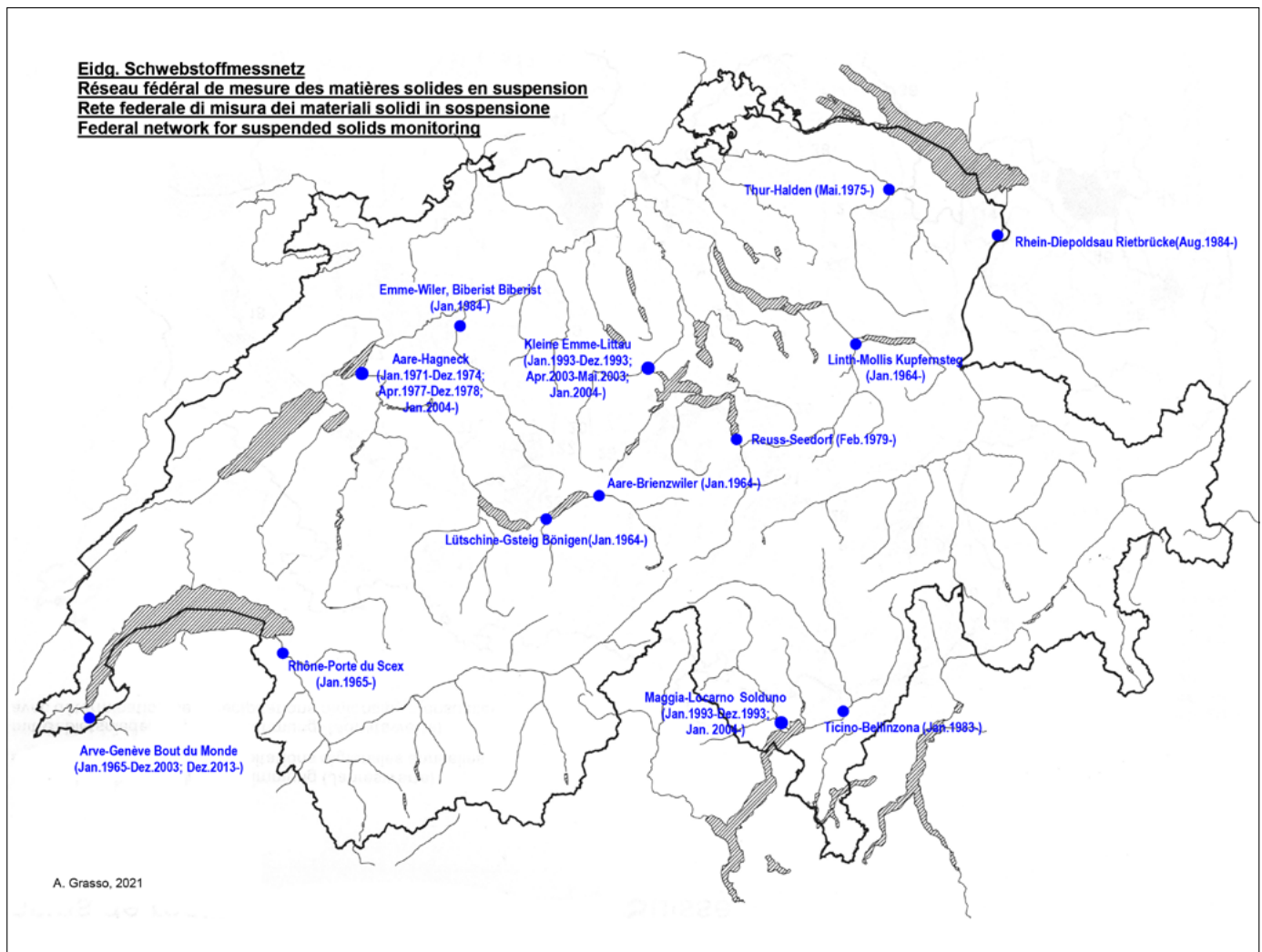


Bild 2: Standorte der aktuellen Schwebstoff-Messstationen.

Geplante Weiterentwicklung des Messnetzes

Neue Messstationen in den periglazialen Regionen und in Flüssen von nationalem Interesse werden das Messnetz erweitern.

Der Klimawandel bringt in vielen Regionen insbesondere folgende Entwicklungen:

- Erhöhung der Temperatur der Gewässer und der Luft,
- Intensivere und reichlichere Niederschläge im Winter,
- Frühere Schneeschmelze im Frühjahr,
- Erhöhung der Schneegrenzen, Rückzug von Permafrost und Gletschern usw.

Dies führt zu einer erhöhten Bodenerosion und einem erhöhten Sedimenttransport in Fließgewässern.

Die Messstationen in periglazialen Regionen erlauben die Auswirkung des Rückzugs von Gletschern und Permafrost auf die Bodenstabilität, die Erosion und den Sedimenttransport in Fließgewässern zu beobachten.

Feststoffe, die die Schweiz über den Inn nach Osten und über den Rhein nach Norden verlassen, werden derzeit nicht erfasst. In der Nähe der Grenzen zu Österreich und Deutschland ist daher geplant, an diesen beiden Flüssen Schwebstoff-

Messstationen in Betrieb zu nehmen. Diese Stationen werden dann die Realisierung von Sedimentbilanzen der Schweiz ermöglichen.

Angesichts der Bedeutung der Partikelgrößenanalyse suspendierter Feststoffe hat das Bundesamt für Umwelt in Zusammenarbeit mit der ETH Lausanne/TU Wien ein Forschungsprojekt gestartet, um eine Technologie zur kontinuierlichen Abschätzung der Partikelgrößen von Schwebstoffen zu entwickeln. Das Bundes-Schwebstoffmessnetz ist eine sich ständig weiterentwickelnde Baustelle, um neuen Herausforderungen wie dem Klimawandel zu begegnen.

Quellen:

BAFU (Hrsg.) 2021: Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer. Hydrologie, Gewässerökologie und Wasserwirtschaft. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 2101: 134 pp.

BFE (2020): Stand der Wasserkraftnutzung in der Schweiz am 31. Dezember 2019. Medienmitteilung vom 04.05.2020, Bundesamt für Energie BFE, Bern.

Bo, T., Fenoglio, S., Malacarne, G., Pessino, M., Sgariboldi, F. (2007): Effects of clogging on stream macroinvertebrates: An experimental approach. *Limnologica* 37 (2): 186–192.

Bucher R. (2002): Feinsedimente in schweizerischen Fließgewässern – Einfluss auf Fischbestände. Fischnetz-Publikation. EAWAG Dübendorf, (Projekt 01/07), 76 pp.

Grasso D.A., Bérod D., Hefti D., Jakob A. (2011): Monitorage de la turbidité des cours d'eau Suisse «Wasser Energie Luft» – 103(1):48–52.

Grasso, D.A., Bérod, D., Hodel, H. (2012): Messung und Analyse der Verteilung von Schwebstoffkonzentrationen im Querprofil von Fließgewässern. «Wasser Energie Luft», 104(1):61–65.

Grasso D.A., Bérod D., Hodel H., Jakob A., Lalk P., Spreafico M. (2014): Repräsentativität von Stichproben bezüglich Schwebstoffkonzentration, Erfahrungen der Abteilung Hydrologie bei der Probenahme «Wasser Energie Luft» 106(3):224–230.

Jensen, D.W., Steel, E.A., Fullerton, A.H., Pess, G.R. (2009): Impact of Fine Sediment on Egg-To-Fry Survival of Pacific Salmon: A Meta-Analysis of Published Studies. *Reviews in Fisheries Science*, 17(3):348–359.

Mäggi, N., Huggel, C., Herold, T., Storck, F.R., Allen, S., Haeblerli, W., Schaub, Y., Odermatt, D. (under review): Inventory and genesis of glacial lakes in Switzerland since the Little Ice Age. *Earth Surface Processes and Landforms*.

Newcombe C.P., Jensen J.O.T. (1996): Channel suspended sediment and fisheries: a synthesis for quantitative assessment of risk and impact. *North American Journal of Fisheries Management* 16:693–727.

National Centre for Climate Services (2018): CH2018 – Climate Scenarios for Switzerland, Technical Report, Zurich, 271 pp.

Gesetze und Verordnungen: www.admin.ch/gov/de/start/bundesrecht/systematische-sammlung.html.

Autoren:

Dr. D. Alessandro Grasso, Abteilung Hydrologie, Sektion Hydrologische Grundlagen Gewässerzustand, Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK, Bundesamt für Umwelt BAFU, alessandro.grasso@bafu.admin.ch

Dr. Carlo Scapoza, Abteilung Hydrologie, Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK, Bundesamt für Umwelt BAFU, carlo.scapoza@bafu.admin.ch

Dr. Florian R. Storck, Abteilung Hydrologie, Sektion Hydrologische Grundlagen Gewässerzustand, Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK, Bundesamt für Umwelt BAFU, florian.storck@bafu.admin.ch