



VSA
CC Gewässer

Gewässersynthese: von der sektoralen Messung zur Gesamtsicht

Einsatz und Nutzen von Synthesekarten und -schemas

Bericht Nr. 7034.61-B007d
Bern, 30. Januar 2023

HUNZIKER BETATECH

EINFACH.
MEHR.
IDEEN.

Impressum:

Projektname: Gewässersynthese: von der sektoralen Messung zur Gesamtsicht
Teilprojekt: Phase 1: Überblick über Einsatz und Nutzen von Synthesekarten und -schemas
Erstelldatum: 02.07.2019
Letzte Änderung: 30. Januar 2023
Autor
(Auftragnehmer): Heiko Wehse und Daniel Rebsamen
Hunziker Betatech AG
Jubiläumsstrasse 93
3005 Bern
Tel. 031 300 32 00
E-Mail: bern@hunziker-betatech.ch

Projektleitung
(Auftraggeber): Silwan Daouk und Irene Wittmer, VSA-Plattform Wasserqualität
Datei: 7034.61 B007d Bericht Gewässersynthese.docx

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
1 Einleitung	6
1.1 Ausgangslage	6
1.2 Annahmen zu Projektbeginn	10
1.3 Ziele und Projektfragen	11
1.4 Ablauf und Organisation	11
2 Betrachtungsgegenstand und Abgrenzung	12
2.1 Untersuchungsobjekte	12
2.2 Räumliche Auflösung	12
2.3 Thematische Abgrenzung	13
3 Vorgehen für Gewässersynthesen	16
3.1 Schritte zum Massnahmenplan	16
3.2 Schritt A: Untersuchungen des aktuellen Gewässerzustands	18
3.3 Schritt B: Untersuchungen der Belastungsquellen	19
3.4 Schritt C: Zusammenstellung aller relevanten Sektoren des Einzugsgebiets	20
3.5 Schritte D: Interpretation, als Grundlage eines Massnahmenplans	20
4 Karten für Gewässersynthesen	21
4.1 Überblick der Kartentypen	21
4.2 Die richtige Menge an Information pro Karte	22
4.3 Typ ①: Sektorale Karten (nur ein Thema), z.B. Darstellung von Messresultaten	24
4.4 Typ ②: Sektorübergreifende integrale Karten, z.B. Darstellung von Messresultaten	25
4.5 Typ ③: Sektorale Synthesekarten der Interpretationen	26
4.6 Typ ④: Sektorübergreifende integrale Synthesekarten der Interpretationen	27
5 Schematische Darstellungen (Typ ⑤) für Gewässersynthesen	28
6 Interviews	29
6.1 Kurzzusammenfassung der Meinungen der interviewten Personen	29
6.2 Stellungnahmen zu den Annahmen	35
7 Fazit und Ausblick	38
7.1 Beantwortung der Projektfragen und weitere Empfehlungen	38
7.2 Ausblick	39
8 Literaturverzeichnis	40

Separate Beilage: Sammlung bestehender Gewässerkarten und Gewässerschemas

Zusammenfassung

Ausgangslage

Es liegen umfangreiche Messdaten zum Gewässerzustand und zu punktuellen Belastungsquellen vor, sowie eine Fülle weiterer Informationen aus den Einzugsgebieten. Und es werden immer mehr! Die umfangreichen Daten werden oft nur teilweise oder sektoriell ausgewertet. Wie kann daraus eine ganzheitliche Sicht entstehen? Können integrale Synthesedarstellungen helfen, um die prioritären Massnahmen zu identifizieren?

Annahmen und Fragestellungen

Wir gehen davon aus, dass aus den umfangreichen Messdaten und vorliegenden Informationen aus dem jeweiligen Gewässereinzugsgebiet eine umfassendere, ganzheitliche Sicht der Belastungslage mit verbessertem Verständnis von Ursache-Wirkungs-Beziehungen erarbeitet werden kann. Verständliche Synthesedarstellungen helfen sowohl bei der Erarbeitung einer solchen Sicht als auch bei der Darstellung der Schlussfolgerungen. Nebst dem Verdeutlichen von Kausalitäten dienen die Darstellungen auch als gute Grundlage für Diskussionen unter Fachpersonen verschiedener Sektoren des Gewässerschutzes. Im gemeinsamen Austausch helfen sie, Massnahmen zur Verbesserung des Gewässerzustands abzuleiten und zu priorisieren.

Im laufenden Projekt geht es insbesondere um die Sammlung und Diskussion derartiger Synthesedarstellungen. Primäres Zielpublikum der bisher eingesetzten Synthesekarten und -Schemas sind mit der Gewässerentwicklung betraute Fachspezialisten von Kantonen und dem Bund. Je nach Grad der Zusammenfassung und Vereinfachung können diese auch für politische Entscheidungsträger oder Laien aufbereitet werden.

Die untersuchten Projektfragen sind:

- Welche Synthesedarstellungen der Gewässerqualität gibt es?
- Wie wird der Nutzen von Synthesedarstellungen der Gewässerqualität eingeschätzt?
- Besteht Bedarf nach Empfehlungen zur Erstellung und zum Einsatz von Synthesedarstellungen?

Typisierung und Sammlung von Synthesekarten und -schemas

Ausgehend von einem skizzierten Vorgehen (Arbeitsschritte) zur Erarbeitung von Gewässersynthesen (Kapitel 3) wird eine Typisierung möglicher Karten und Schemas vorgeschlagen (Kapitel 4 und 5), und es wurden die den Autoren bekannten und im Rahmen des vorliegenden Projekts kennengelernten Beispiele von Karten und Schemas zusammengestellt und nach diesen Typen sortiert (Beilage).

Diese Sammlung dient dazu, künftig schneller eine geeignete Darstellungsart in Abhängigkeit des Untersuchungsperimeters, der Zielgruppe und der Inhalte zu finden (Inspirationsquelle).

Geführte Interviews

Mit ausgewählten Vertretern der schweizerischen Wasserwirtschaft wurden Interviews geführt, um zu verstehen, ob und wie heute Gewässersynthesen erstellt werden, wie sinnvoll solche eingeschätzt werden, und ob Bedarf an Empfehlungen oder anderen Werkzeugen besteht (Kapitel 0). Die Mehrheit der interviewten Expert*innen ist der Meinung, dass aus den umfangreichen Datengrundlagen noch mehr interpretiert werden kann, als heute üblicherweise gemacht wird. Es besteht ebenfalls ein Konsens, dass die Interpretation im Dialog von Fachleuten erfolgen muss und noch nicht vollständig automatisierbar ist. Eine Mehrheit der Interviewpartner erachtet integrale Synthesedarstellungen für die Interpretation und Kommunikation als hilfreich und begrüsst eine Sammlung von Beispielen.

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

- In Situationen mit komplexen Wirkungsgefügen wird ein integrales Vorgehen zur Aufarbeitung der sektorübergreifenden Daten zur Erstellung von Synthesekarten und -schemas empfohlen.
- Die Kombination von sektoralen und integralen Darstellungen hat sich in der Praxis in verschiedenen Projekten bereits bewährt. In thematisch unterschiedlichen Projekten wurden bereits vielfältige Darstellungsarten entwickelt, welche sich als Inspirationsquelle für künftige Anwendungen eignen. Es besteht Potenzial für einen vermehrten Einsatz gelungener Synthesedarstellungen.
- Eine Sammlung von bestehenden Gewässerkarten und -Schemas und/oder dokumentierte Best-Practice-Beispiele ist interessant und sinnvoll. Die in der Beilage dieses Berichts gesammelten Beispiele könnten noch ergänzt, kommentiert und erweitert werden.
- Eine Empfehlung zum integralen Vorgehen und zum Einsatz von Synthesedarstellungen würde (wenn sie angewendet würde) zu einer Vereinheitlichung führen. Manche der interviewten Fachleute halten dies für sehr erstrebenswert, andere halten Vereinheitlichungen angesichts der Vielfalt von Einzugsgebieten, Problemstellungen und Akteuren für nicht sinnvoll. Angesichts dessen schlagen wir vor, eher in kurzfristig realisierbare Produkte zu investieren, insbesondere in die Dokumentation von guten bestehenden Projekten sowie in IT-Tools.
- Verschiedene IT-Tools (insbesondere GIS und Datenbanken) können bei der Darstellung der Ergebnisse zum Einsatz kommen. Wir halten eine gezielte Weiterentwicklung für sinnvoll und empfehlen weitere Schritte in diese Richtung auszulösen. In einem nächsten Schritt könnte geprüft werden, ob mit verhältnismässigem Aufwand ein einfaches IT-Tool entwickelt werden kann, welches die Erarbeitung von Synthesedarstellungen vereinfacht und das intuitiv bedienbar ist.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Die Gewässerqualität hat sich verbessert, trotzdem verbleiben verbreitet Defizite.

Die Wasserqualität der Schweizer Gewässer hat sich seit den 80er Jahren stark verbessert, der Bau und Ausbau von Kläranlagen ist eine Erfolgsgeschichte. Es bestehen jedoch immer noch verbreitete Defizite, zum Beispiel im Bereich der Belastung durch organische Spurenstoffe oder der Morphologie. Vor allem auch kleine Gewässer in intensiv landwirtschaftlich genutzten Gebieten weisen häufig hohe stoffliche Belastungen auf. Dies zeigt sich auch im Zustand der Biologie, so ist beispielsweise der Zustand der Fische vielerorts unbefriedigend. Bedingt durch den Klimawandel entstehen auch in den Gewässern neue Herausforderungen: häufigere Hochwasser, hohe Wassertemperaturen, trockenfallende Gewässerabschnitte und einwandernde Neobiota, welche die einheimische Flora und Fauna verdrängen.

Es werden viele Massnahmen ergriffen, Priorisierungen sind nicht immer einfach.

Die vorherrschenden Defizite hydrologischer, morphologischer und qualitativer Art werden aktiv angegangen, z.B. durch Sanierungen der Wasserkraft und des Geschiebes, durch Revitalisierungen und mit dem Ausbau der ARA mit zusätzlichen Behandlungsstufen sowie mit dem Aktionsplan Pflanzenschutzmittel. Diese Massnahmen sind nötig, wichtig und dringend. Aber in welchen Gewässern kann mit diesen Massnahmen ein guter Zustand erreicht werden und wo verbleiben grosse Defizite? Was ist prioritär?

Zustandsanalysen werden vor allem sektoral durchgeführt.

In der Schweiz werden durch den Bund, die Kantone und Private in einzelnen Gewässern umfassende Untersuchungen zum Zustand der Gewässer durchgeführt. Sie erlauben gute sektorale Zustandsanalysen (zum Beispiel Ökomorphologie oder chemische Wasserqualität) und die Identifikation der entsprechenden sektoralen Defizite der untersuchten Gewässerabschnitte.

Dank dem Modul-Stufen-Konzept (MSK) erfolgen die Untersuchungen auf hohem Qualitätsniveau und weitgehend standardisiert. Damit erlauben sie auch überregionale und schweizweite Vergleiche.

In Ergänzung zu gewässerspezifischen Untersuchungen liegt eine Fülle von Messungen und Nutzungsdaten aus den Einzugsgebieten vor, diese erlauben eine Charakterisierung und statistische Analysen potenzieller Belastungsquellen. Von einigen punktuellen Verschmutzungsquellen liegen auch Emissionsmessungen oder modellierte Frachtangaben einzelner Schadstoffe vor.

Heute werden diese verschiedenen Informationsquellen kaum kombiniert analysiert, wodurch das Potenzial für Zusatzkenntnisse nicht ausgeschöpft wird.

Sektorale oder punktuelle Probleme sind meist einfach zu verstehen – da besteht kein Bedarf nach aufwändigen Gewässersynthesen

In einfachen Systemen mit geringer Komplexität der Wirkungsgefüge reichen die traditionellen sektoralen Ansätze oft aus, um die nötigen und zielführenden Massnahmen zu definieren.

Zum Beispiel für morphologische Defizite (Verbauungen) und hydrologische Defizite (Restwasser, Schwall-Sunk) sind die Ursachen in der Regel ausreichend bekannt. In Einzugsgebieten, wo derartige Beeinträchtigungen dominieren, kann direkt die Massnahmenplanung ohne zusätzliche Zwischenschritte erfolgen.

Aber auch bei einfachen Ursache–Wirkung – Gefügen sind die Massnahmen häufig komplex und die Umsetzung anspruchsvoll, und es ist nicht immer klar, welche Massnahmen die beste Wirkung oder das beste Kosten-Nutzen-Verhältnis haben.

Tabelle 1: Beispiele einfacher Ursache–Wirkungs–Gefüge

Ursache	Wirkung (= gewässerökologisches Defizit)	Massnahme
Fehlende Restwasserdotierung	Trockenes Bachbett, Verschwinden aquatischer Lebensräume und Lebensgemeinschaften, etc.	Restwassersanierung, Dotierung
Starke Verbauung Gewässersohle / Böschungsfuss	Erhöhte Strömungsgeschwindigkeit, reduzierte Strömungsvielfalt, Verlust Habitate, Einschränkung Längs- / Quervernetzung, etc.	Renaturierung, Revitalisierung, Dynamisierung
Querbauwerke	Einschränkung Fliessgewässerkontinuum, Störung Geschiebetransport, Unterbrechung Längsvernetzung	Sanierung, Aufhebung, Wanderhilfen
Akute Gewässerverschmutzung durch illegalen Eintrag von Schadstoffen wie Öl, Gülle, Pestizide, etc.	Tod von aquatischen Organismen, Verschmutzung der Sedimente, Infiltration ins Grundwasser, etc.	Prävention: z.B. Sanierung der Waschplätze, Sensibilisierung; Reaktion: Auffangmassnahmen, Verdünnung, Sanierung

Sich überlagernde Belastungen und Wechselwirkungen sind schwer zu durchschauen.

Die notwendigen, verhältnismässigen und zielgerichteten Massnahmen zur Behebung der Beeinträchtigungen sind nicht immer einfach zu bestimmen. Während die Ursachen morphologischer und hydrologischer Defizite in der Regel bekannt sind, ist vor allem im Mittelland der Zusammenhang zwischen festgestellten biologischen Defiziten und den chemischen Beurteilungen oft nicht direkt ersichtlich.

Die Zuordnung der Qualitätsdefizite zu einzelnen Quellen ist oft schwierig, da diese häufig durch eine Kombination verschiedener Verunreinigungen verursacht werden. Erschwerend kommt hinzu, dass morphologische Defizite häufig auch kombiniert mit einer Belastung der Wasserqualität auftreten. In der dicht besiedelten Schweiz überlagern sich meist zahlreiche Nutzungen im Einzugsgebiet. Sie führen zu einer Kombination vielfältiger Belastungs- und Verschmutzungsquellen. Dazu gehören die Siedlungsentwässerung, Landwirtschaft, Verkehrswege, Industrie- und Gewerbe, Baustellen, Wasserkraft, Wasser- und Kiesentnahmen aber auch Verbauungen, Eindolungen, Regulierungen und Neobiota.

Hinzu kommen natürliche Variationen, unterschiedliche Einzugsgebietseigenschaften und Stressfaktoren aufgrund der anthropogen verursachten Klimaerwärmung. In den Gewässeruntersuchungen zeigt sich die Summe aller Einflüsse als Zustandsbewertung ohne direkten Bezug zu den Quellen.

Das europaweit harmonisierte DPSIR – Modell (Ursachen – Belastungen – Zustand – Auswirkungen – Massnahmen, [1]¹) erlaubt die Untersuchung der Zusammenhänge unter Berücksichtigung der Kausalität. Aus dem Schema in Abbildung 1 ist ersichtlich, wie zur Bestimmung der geeigneten Massnahmen die Kausalitäten (Ursache – Wirkung – Beziehungen) untersucht werden können. Durch Intervention mit geeigneten Massnahmen (response) kann der Zustand der Gewässer langfristig verbessert werden. Wirkungsvolle Massnahmen zu definieren ist nur möglich, wenn ein gutes Verständnis über die im Einzelfall relevanten Ursachen besteht. Durch geeignete Analysen und Synthesedarstellungen kann dieser Prozess unterstützt werden.

¹ Für Literaturverweise werden in diesem Bericht eckige Klammern [] verwendet. Literaturverzeichnis in Kapitel 8.

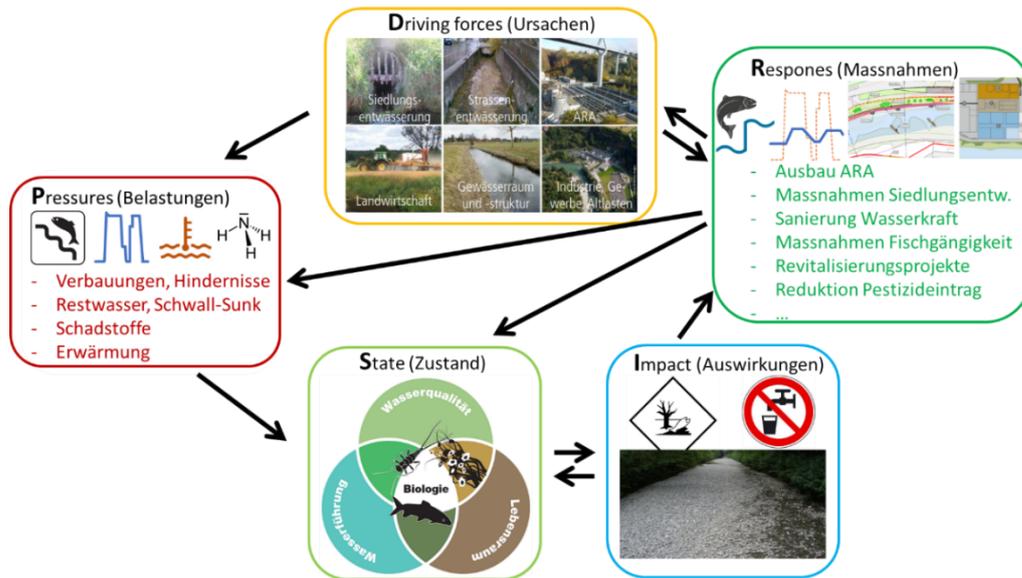


Abbildung 1: Exemplarische und schematische Darstellung des DSPIR-Modells für Gewässer (Quellen: [1] [2] [3] [4] [5])

Sektorübergreifende oder sich räumlich überlagernde Probleme sind komplex. Da können Gewässersynthesen helfen, die Zusammenhänge zu erkennen.

Für die zielgerichtete Gewässeraufwertung mit Massnahmen ist es wichtig, die wesentlichen Defizite und Ursachen zu kennen. Dies ist aufgrund der komplexen Wirkungsgefüge in den Gewässern und der vielfältigen Einflussfaktoren in ihren Einzugsgebieten oft schwierig.

Bisher hat sich in der Schweiz kein einheitliches Vorgehen für umfassende, integrale (d.h. sektorübergreifende) Ursachenanalysen zur Herleitung der notwendigen bzw. prioritären Gewässerschutz- und Aufwertungsmassnahmen durchgesetzt. Es liegen Vorgehensempfehlungen zum Integralen Einzugsgebietsmanagement vor², und es gibt diverse Fallbeispiele.

Die Autoren des vorliegenden Berichts vermuten, dass es zum grundsätzlichen Vorgehen keine weiteren Empfehlungen braucht, dass es aber noch ein grosses Potenzial in der Auswertung und Darstellung der verschiedenen erhobenen Daten gibt, insbesondere in komplexen Situationen wie bei chronischen stofflichen Belastungen, sich überlagernder Belastungen aus verschiedenen Quellen oder bei Kombinationen stofflicher, morphologischer und eventuell auch hydrologischer Defizite.

Aus Effizienz- und Kostengründen ist dieses Verständnis aber z.B. für die kantonalen Amtsstellen wichtig, um ihre Ressourcen gezielt dort einzusetzen, wo das beste Aufwand-Nutzen Verhältnis resultiert.

Die Grundannahme der Autoren (siehe auch Kapitel 1.2) ist, dass Gewässersynthesedarstellungen helfen können, um durch eine breite Übersicht des Gewässerzustands und der möglichen Belastungsquellen die Verhältnisse besser zu verstehen und dadurch gezieltere Massnahmen abzuleiten.

² Zum Beispiel [7] BAFU (Hrsg.) 2012: Einzugsgebietsmanagement. Anleitung für die Praxis zur integralen Bewirtschaftung des Wassers in der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1204

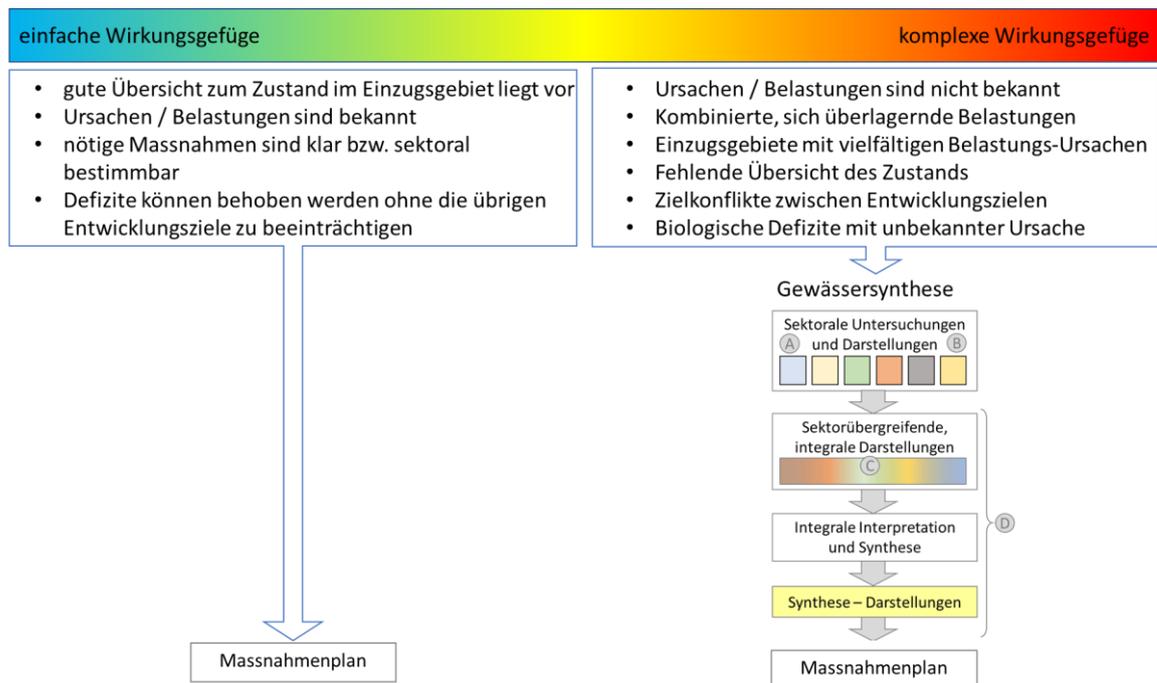


Abbildung 2: Unterschiedliches Vorgehen je nach Komplexität der Verhältnisse: in einfachen Systemen ist keine aufwändige Analyse notwendig, sondern die Massnahmen können direkt definiert werden. Für komplexe Verhältnisse empfehlen die Autoren das rechts dargestellte Vorgehen (siehe Kapitel 3)

Für Erfolgskontrollen können in manchen Fällen Gewässersynthesen helfen.

Die Durchführung von Erfolgskontrollen im Gewässer für Einzelmassnahmen ist nicht immer zielführend, da der Gewässerzustand in einem Abschnitt von einer Vielzahl Einflussfaktoren im gesamten Einzugsgebiet abhängt. Sich überlagernde Belastungsquellen und die Summe zahlreicher für sich allein unwesentlicher Belastungen können im Gewässerkontinuum zu bedeutenden ökologischen Beeinträchtigungen führen.

Bei punktuellen Belastungsquellen können Emissionsmessungen durchgeführt werden, die eine direkte Funktionskontrolle erlauben. Die direkte Wirkung auf die Gewässerlebensräume und -Biologie kann mit Emissionsmessungen jedoch nicht beurteilt werden.

Umfassende Gewässeruntersuchungen geben Einblick in den aktuellen Zustand eines Gewässers. Je nach Umfang und Art der Untersuchungen lassen sich auch Rückschlüsse auf mutmassliche Belastungsquellen ziehen. Bei periodischer Wiederholung der Untersuchungen dient der zeitliche Vergleich der Erfolgskontrolle und zeigt die langfristige Entwicklung auf. In Synthesedarstellungen lassen sich die Veränderungen der Gewässerqualität und der Belastungsquellen graphisch darstellen. Dies erlaubt es, die Wirkung umgesetzter Massnahmen (-Pakete) auf hoher Flughöhe zu überprüfen. Für die Wirkungskontrolle von Einzelmassnahmen sind jedoch spezifische Untersuchungen notwendig.

1.2 Annahmen zu Projektbeginn

Die Autoren des vorliegenden Berichts haben bei Beginn des Projekts ihre impliziten Annahmen in Form von sechs Behauptungen formuliert. Diese werden in den nachfolgenden Kapiteln direkt oder indirekt beleuchtet und mit ausgewählten Akteuren der schweizerischen Wasserwirtschaft in Interviews erörtert. Im Kapitel 6.2 ist deren Meinung zu den Annahmen zusammengestellt.

1) «Aus den ganzen Daten kann man mehr machen!»

«Es gibt immer mehr und immer bessere Daten. Diese Fülle an Daten könnte in vielen Fällen noch gezielter verwendet werden, um die prioritären Massnahmen zur Verbesserung der Gewässerzustands abzuleiten und deren gesamtheitliche Wirkung zu beurteilen. Heute werden diese verschiedenen Informationsquellen kaum kombiniert analysiert, wodurch das Potenzial für Zusatzkenntnisse nicht ausgeschöpft wird.»

2) «Integrale Schemas und Karten sind sehr nützlich.»

«Aggregation und sorgfältige Synthesedarstellungen (integrale Darstellungen) sind hilfreich. Durch sie wird die Interpretation des Gewässerzustands einfacher und damit auch besser. Insbesondere können die Ursache-Wirkungs-Beziehungen einfacher untersucht werden.

Dadurch kommt man auch einfacher zu besseren Massnahmen, und die Kommunikation der Ergebnisse wird einfacher.»

3) «Dialog zwischen Expert*innen ist und bleibt nötig. Die Interpretation ist nicht automatisierbar.»

«Zur Interpretation und Formulierung von Massnahmen braucht es einen Dialog zwischen den Vertretern der verschiedenen Sektoren (wobei die integralen Darstellungen eine gute Grundlage bieten).

Auch in Zukunft wird es keine automatisierten Schlussfolgerungen geben, die Expert*innen können (noch) nicht durch künstliche Intelligenz und Algorithmen ersetzt werden.»

4) «Das Vorgehen des Kt. FR ist exemplarisch, um von Messdaten zu Massnahmen zu kommen.»

«Der im Kanton FR (im Rahmen des Sachplans Wasser 2017) gewählte Ansatz ist zielführend, um aus vorliegenden Daten und Methoden eine umfassende (integrale) Beurteilung des Gewässerzustands zu gewinnen. Er kann als Modell dienen.»

5) «Integrale Gewässerdarstellungen sind vor allem für die Analyse der Wasserqualität nützlich.»

«Der Hauptnutzen betrifft die Wasserqualität (Chemie und Biologie) und deren Ursachen. Morphologie und Hydrologie sind erklärende Grössen, aber Defizite und nötige Massnahmen dieser Sektoren sind meist viel einfacher zu bestimmen.»

6) «Das Vorgehen eignet sich für eine Erfolgskontrolle auf Einzugsgebietsebene.»

«Wenn wiederholt Zustandsanalysen auf Einzugsgebietsebene durchgeführt werden, kann durch den Vergleich der Resultate eine integrale Wirkungskontrolle erfolgen. Für lokale Wirkungskontrollen einzelner Massnahmen (zum Beispiel ARA-Ausbau, Revitalisierung, Optimierung Entlastungsverhalten von Regenbecken) braucht es andere (spezifischere) Werkzeuge bzw. lokale Untersuchungen.»

1.3 Ziele und Projektfragen

Das Projekt verfolgt die folgenden Ziele (Gegenstand des vorliegenden Berichts):

- Eine **Übersicht** über laufende Aktivitäten, die wichtigsten eingesetzten Werkzeuge und vorliegende Anwendungen (Fallbeispiele) im Themenfeld der Gewässersynthesedarstellungen gewinnen.
- Den **Bedarf** ausgewählter Akteure nach Erläuterungen von Vorgehens- und Darstellungsmöglichkeiten bestimmen.

Aus diesen Zielen wurden die folgenden Projektfragen formuliert:

- Welche Synthesedarstellungen der Gewässerqualität gibt es?
- Wie wird der Nutzen von Synthesedarstellungen der Gewässerqualität eingeschätzt?
- Besteht Bedarf nach Empfehlungen zur Erstellung und zum Einsatz von Synthesedarstellungen?

Bei Projektbeginn wurden weitere mögliche Ziele diskutiert. Diese wurden bewusst nicht verfolgt, sondern auf allfällige spätere Folgephasen verschoben:

- Handlungsempfehlung für integrale Gewässerbeurteilungen erarbeiten, als praktisches Werkzeug zur Beurteilung des Gewässerzustands und für die Identifikation von prioritären Massnahmen.
- Handlungsempfehlung in einem Pilotprojekt testen.
- Interessante Beispiele von guten Projekten dokumentieren («Best Practices»), als Inspirationsquelle.

1.4 Ablauf und Organisation

Organisation

Auftraggeber ist der VSA – CC Gewässer, vertreten durch Silwan Daouk. Beim Aufgleisen des Projekts war auch Irene Wittmer beteiligt.

Das Projekt wurde durch Heiko Wehse und Daniel Rebsamen von Hunziker Betatech erarbeitet.

Arbeitsschritte

Die wichtigsten Arbeitsschritte sind:

- Literaturrecherche (hauptsächlich Internet), insbesondere um Darstellungsbeispiele zusammenzustellen.
- Interviews
 - Dr. Pius Niederhauser, AWEL Kanton ZH
 - Lukas Egloff, AfU Kanton SO
 - Dr. Lukas De Ventura, AfU Kanton AG
 - Dr. Nele Schuwirth EAWAG
 - Stefan Hasler VSA
 - Olivier Chaix Integralia SA
- Dokumentation der Ergebnisse im vorliegenden Bericht.
- Zusammenstellung und Klassierung von Gewässerkarten und -Schemas in der separaten Beilage.

2 Betrachtungsgegenstand und Abgrenzung

2.1 Untersuchungsobjekte

Der Hauptfokus des vorliegenden Berichts liegt auf den **Fliessgewässern**.

Stehende Gewässer und das **Grundwasser** sind sowohl physisch als auch bezüglich Fragestellungen und Problemen eng mit den Fliessgewässern verknüpft. Für eine gute und vollständige Übersicht des Gewässerzustands müssen auch stehende Gewässer und das Grundwasser berücksichtigt werden. Die Forschung und die Werkzeuge zur Überwachung und Massnahmenplanung in Seen und im Grundwasser unterscheiden sich jedoch deutlich von jenen im Bereich der Fliessgewässer, weshalb die Bearbeitung meist getrennt erfolgt. Die vorliegende Aufarbeitung von Gewässersynthesen beschränkt sich deshalb auf die Fliessgewässer. Bei vorliegenden Resultaten zu stehenden Gewässern können diese in Karten und weitere Darstellungen integriert werden.

2.2 Räumliche Auflösung

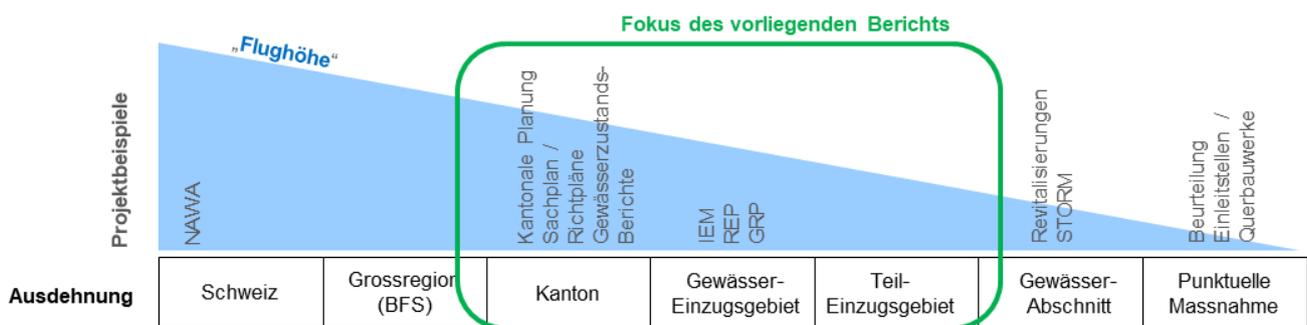


Abbildung 3: Illustration des räumlichen Fokus' des vorliegenden Berichts

Gewässersynthesen werden auf verschiedenen räumlichen Ebenen durchgeführt. Beim Bund untersucht das BAFU mit der Nationalen Beobachtung der Oberflächengewässerqualität (NAWA) auf hoher Flughöhe den Zustand und die zeitliche Entwicklung. Die Kantone ergänzen diese Arbeiten mit zahlreichen Messungen und Untersuchungen für die Überwachung des Gewässerzustands auf Kantonsebene sowie gezielt für Gewässereinzugsgebiete.

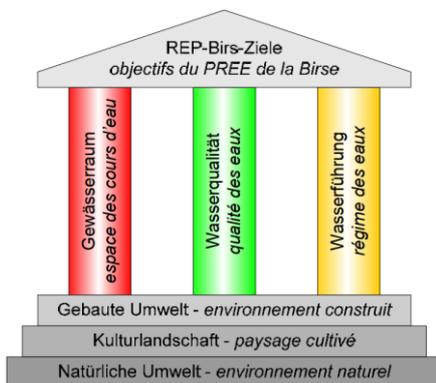
Bei den kantonalen Amtsstellen fließen die umfangreichen Daten, Untersuchungen und Projekte zusammen. Sie müssen die richtigen Schlüsse daraus ziehen, geeignete Massnahmen definieren und Prioritäten setzen. Den Bedarf an Werkzeugen und Hilfsmitteln zur Dokumentation und Unterstützung der Entscheidungsfindung schätzen wir auf Ebene der kantonalen Amtsstellen am grössten ein. Die Analyse-Einheit bilden in der Regel die **hydrologischen Einzugsgebiete**, je nach Fragestellung müssen auch ARA-Einzugsgebiete in die Untersuchungen miteinbezogen werden sowie die Resultate auf abweichende Planungsgebiete (Gemeinden, Bezirke) übertragen werden.

Für die Gliederung der Untersuchungsgebiete in Teileinzugsgebiete steht vom BAFU die nützliche Einzugsgebietsgliederung der Schweiz zur Verfügung. Auf der Grundlage von durchschnittlich ca. 2 km² grossen Teileinzugsgebieten lassen sich mit den integrierten Hilfs-codes hydrologisch zusammenhängende Einzugsgebiete eruieren und Teileinzugsgebiete mit ca. 40 km² und 150 km² darstellen [6].

2.3 Thematische Abgrenzung

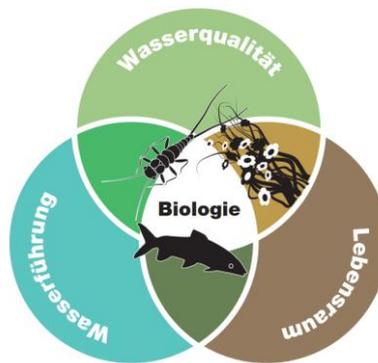
Drei Entwicklungsziele Fließgewässer

Es werden jene Untersuchungen und Belastungsquellen miteinbezogen, welche eine hohe Relevanz für die Gewässerqualität von Fließgewässern haben. Unter Gewässerqualität wird das Zusammenspiel von Abfluss (Hydrologie), Struktur (Morphologie) und Wasserqualität (chemisch-physikalisch) verstanden (Leitbild Fließgewässer Schweiz [8]). Diese drei zentralen Entwicklungsziele lassen sich je nach Fragestellung und Fokus durch weitere Themen und Unterbegriffe ergänzen. Dabei ist die zentrale Funktion der Biologie hervorzuheben, die sich in Abhängigkeit aller übrigen Bereiche entwickelt. Unten sind einige Beispiele von Darstellungen dieser Schlüsselbegriffe zusammengestellt.



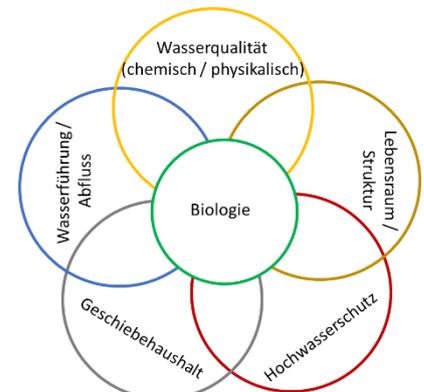
Umfeld, Ziele und Bedingungen für die Zielerreichung

([9] REP Birs, BG Ingenieure und Berater und Hintermann&Weber AG, 2006)



Entwicklungsziele Fließgewässer

([5] Wasser und Gewässer Gesamtbericht 2018, Kanton Zürich, Baudirektion, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft)



Erweiterung um den Hochwasserschutz und den Geschiebehauhalt für integrale Gewässersynthesen

Abbildung 4 Illustrationen der wichtigsten Bestandteile der Gewässerqualität

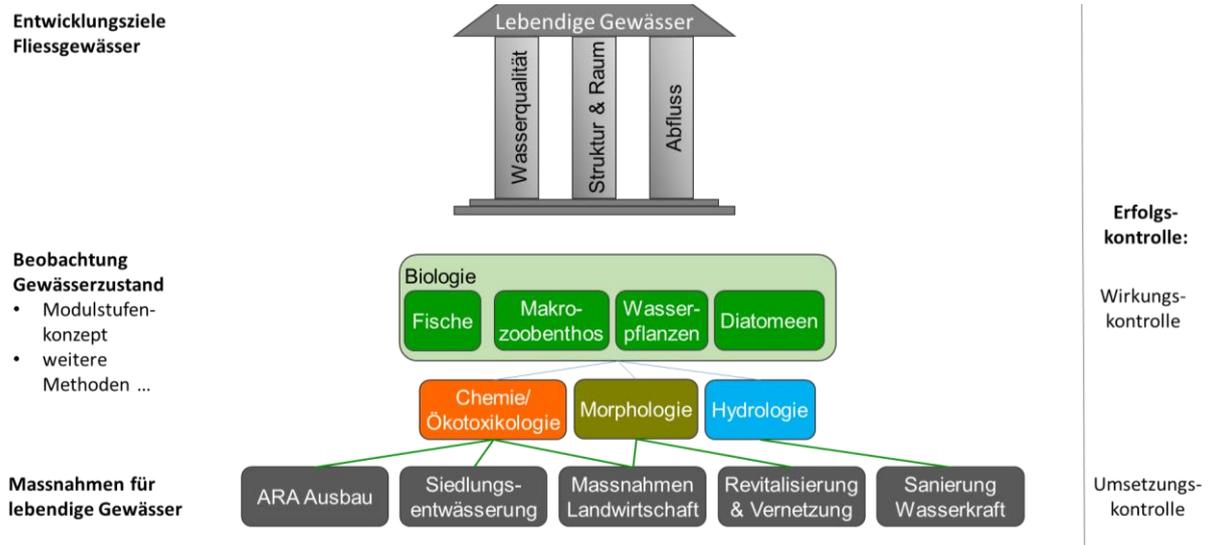
Die Gewässerqualität äussert sich im biologischen Zustand, welcher zusätzlich zu den drei Entwicklungszielen (Wasserqualität, Lebensraum, Wasserführung) ebenfalls direkt untersucht werden kann (Fische, Makrozoobenthos, Wasserpflanzen, Diatomeen, Bakterien).

Mit dem vermehrten Auftreten von Neozoen und eingeschleppten Krankheiten ist auch die Biologie direkt zu einem beeinflussenden Faktor für die einheimischen Lebensgemeinschaften geworden.

Für eine umfassende Synthese des Fließgewässerzustands muss neben den drei erwähnten Einflussfaktoren und der Biologie auch der Hochwasserschutz und der Geschiebehauhalt betrachtet werden, da sie umfassende und weitreichende Massnahmen an den Fließgewässern auslösen und damit sehr direkt die übrigen Entwicklungsziele beeinflussen (sowohl als Synergien bei z.B. Revitalisierungsprojekten als auch als mögliche Zielkonflikte).

Je nach Zielsetzung einer Gewässersynthese können Geschiebehauhalt und Hochwasserschutz auch ausgeklammert werden. Häufig werden diese Themen separat bearbeitet und haben einen weniger direkten Einfluss auf die Wasserqualität und Biologie. Die Geschiebe- und Hochwasserdefizite haben häufig auch Ursachen im Umland der Gewässer und müssen daher auch mit raumplanerischen Massnahmen angegangen werden. Die für den Hochwasserschutz erstellten Verbauungen sind im morphologischen Zustand mit enthalten.

Für ein gemeinsames Verständnis der Zusammenhänge und eine einheitliche Verwendung der Schlüsselbegriffe empfehlen die Autoren sich im Zusammenhang mit Gewässersynthesen an der Abbildung 5 zu orientieren.



Schema: VSA CC Gewässer, Oktober 2018: Irene Wittmer (Plattform Wasserqualität) und Heiko Wehse (Hunziker Betatech AG)

Abbildung 5: Ziele, Beobachtungen und Massnahmen für lebendige Gewässer gemäss VSA CC Gewässer [10]

Erläuterungen der Abbildung 5:

- Lebendige Gewässer brauchen eine gute Wasserqualität, eine gute Struktur & Raum sowie ein natürliches Abflussregime.
- Der Gewässerzustand bezüglich dieser Ziele lässt sich mit zahlreichen Parametern beobachten. Im Vordergrund stehen Biologie, Chemie/Ökotoxikologie, Morphologie, Hydrologie. Hierfür gibt es standardisierte Methoden, insbesondere im Rahmen des Modul-Stufen-Konzepts. Durch das Monitoring dieser Parameter lassen sich Rückschlüsse auf die Wirkung von Massnahmen treffen.
- Es gibt Massnahmen in verschiedenen Bereichen, die zu lebendigen Gewässern beitragen, z.B. ARA-Ausbau, Massnahmen in der Siedlungsentwässerung (z.B. Umsetzung GEP-Massnahmen), Massnahmen in der Landwirtschaft (z.B. Reduktion Pflanzenschutzmittel oder Zurverfügungstellung von Raum für Revitalisierungen), Revitalisierungen, Sanierung Wasserkraft.
- Während sich die Umsetzung der Massnahmen einfach überprüfen lässt, ist es häufig deutlich schwieriger, auch deren Wirkung durch Messungen zu belegen³. Gewässersynthesen können die langjährige, übergeordnete Erfolgskontrolle unterstützen. Es ist betreffend Wasserqualität ebenfalls nicht einfach, aus den beobachteten Defiziten auf die nötigen Massnahmen zu schliessen, bzw. ihre Wirkung vorherzusehen.

³ Die Erfolgskontrolle umfasst die Umsetzungs-, Funktions- und Wirkungskontrolle. Das Thema Erfolgskontrolle ist zu vielfältig und komplex, um in vorliegendem Bericht umfassend behandelt werden zu können. Es wird auf die Publikationen zum Thema (z.B. [11] [12] [13]) verwiesen.

Wann braucht es eine Gewässersynthese?

Auslöser für Gewässersynthesen sind einerseits periodische und systematische Untersuchungen der Gewässerqualität in mehrjährigen Intervallen zur übergeordneten Erfolgskontrolle und Festsetzung der Prioritäten für eine kommende Planungsphase. Andererseits können in «Problemgebieten» mit sich überlagernden Defiziten Gewässersynthesen sinnvoll sein, um die zielgerichteten Massnahmen zu definieren. Siehe hierzu Kapitel 1.1.

Gewässersynthesen und Synthese-Darstellungen eignen sich zudem hervorragend, um Fachspezialisten, Entscheidungsträger und Beteiligte auf einen gemeinsamen, einheitlichen Kenntnisstand zu bringen als Grundlage für Diskussionen zu Defiziten, Entwicklungszielen, Massnahmen und Prioritäten. Es ist empfohlen, den Austausch zwischen den Stakeholdern direkt in den Entwicklungsprozess der Gewässersynthese zu integrieren (in Abbildung 6 unten links).

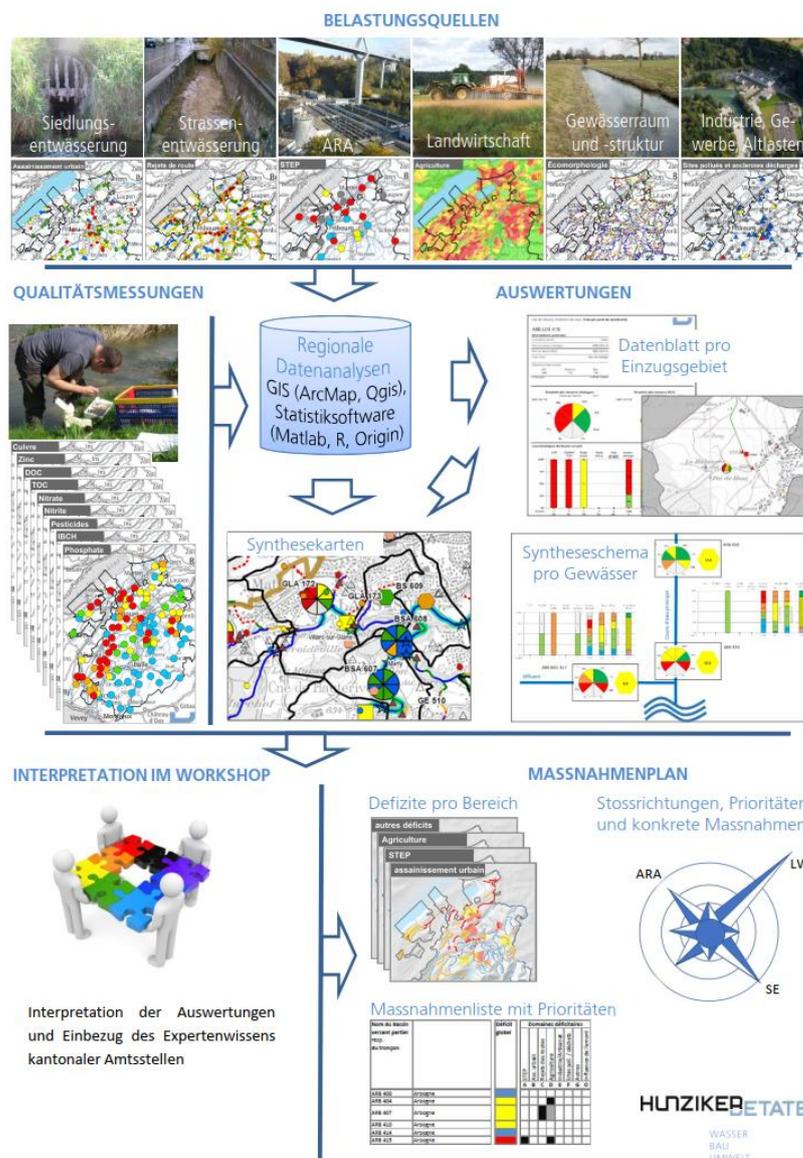


Abbildung 6: Schematische Darstellung des Prozesses zur Erstellung einer Gewässersynthese am Beispiel des Sachplans Oberflächengewässer Kanton FR [14]. Darstellung: Hunziker Betatech [15]

3 Vorgehen für Gewässersynthesen

3.1 Schritte zum Massnahmenplan

Massnahmen werden aufgrund bekannter Defizite (z.B. Ökomorphologie, Restwasser, Wasserqualität) definiert. Die Grundlagen zur Untersuchung der Defizite liegen in der Regel sektoral getrennt vor. Verschiedene Vorgehensweisen werden angewandt, um die Grundlagen zu verarbeiten und zielführende Massnahmen zu definieren. Die Massnahmen selbst können sektorübergreifende Verbesserungen bewirken oder auch spezifisch Probleme eines Sektors beheben.

Es gibt verschiedene methodische Anleitungen für das Vorgehen, insbesondere die «Anleitung für die Praxis zur integralen Bewirtschaftung des Wassers in der Schweiz» [7] und verschiedene diesbezügliche Publikationen der Wasser-Agenda 21 [16].

Auf diese Empfehlungen wird im vorliegenden Bericht nicht eingegangen, der Fokus liegt auf den verwendeten Karten und anderen Darstellungen der verschiedenen Vorgehen. Wir gehen von der Annahme aus, dass integrale Darstellungen die Interpretation des Gewässerzustands erleichtern (siehe auch Kapitel 1.2), weil die Ursache-Wirkungs-Beziehungen einfacher untersucht werden können, was zu einer einfacheren und besseren Erarbeitung von Massnahmenplänen führt, und auch die Kommunikation erleichtert.

Wir empfehlen die Erarbeitung von Gewässersynthesen mit den folgenden Arbeitsschritten:

Tabelle 2: Arbeitsschritte und geeignete Karten und Schemas zur Erarbeitung von Gewässersynthesen

Arbeitsschritte	Karten und Schemas
A: Untersuchungen des aktuellen Zustands (siehe Kapitel 3.2)	Typ ①: Sektorale Karten (nur ein Thema) (siehe Kapitel 4.3)
B: Untersuchungen der Belastungsquellen (siehe Kapitel 3.3)	(allenfalls auch mehrere Sektoren auf einer Karte, siehe Typ 2 unten)
C: Zusammenstellung aller relevanten Sektoren des Einzugsgebiets (siehe Kapitel 3.4)	Typ ②: Sektorübergreifende integrale Karten (siehe Kapitel 4.4) Typ ③: Schematische Darstellungen (siehe Kapitel 5)
D: Interpretation (als Grundlage eines Massnahmenplans) (siehe Kapitel 3.5)	Typ ③: Sektorale Synthesekarten der Interpretationen (siehe Kapitel 4.5) Typ ④: Sektorübergreifende integrale Synthesekarten der Interpretationen (siehe Kapitel 4.6)

Allein mit der Aufarbeitung aller Untersuchungsergebnisse und möglichen Belastungsquellen können die nötigen und zielgerichteten Massnahmen nicht definiert werden, aber diese Karten und Schemas sind eine hilfreiche Grundlage. Zur Untersuchung der Ursache – Wirkung - Beziehung und Ableitung der

nötigen Massnahmen sind verschiedene Vorgehensweisen möglich, die in unterschiedlicher Art und Weise kombiniert und gewichtet werden können:

- Sektoriales Vorgehen: Die einzelnen Sektoren werden getrennt untersucht, dargestellt und es werden sektorale Massnahmen formuliert.
- Integrales Vorgehen mit Verwendung von sektorübergreifenden Darstellungen und Synthesedarstellungen der Interpretationen, um einen integral abgestimmten Massnahmenplan zu formulieren.
- Integrales Vorgehen OHNE Verwendung von sektorübergreifenden Darstellungen und Synthesedarstellungen. Durch Nebeneinanderlegen der sektoralen Untersuchungen und Darstellungen kann trotzdem eine integrale Interpretation und Synthese erarbeitet werden, insbesondere durch erfahrene Fachleute.

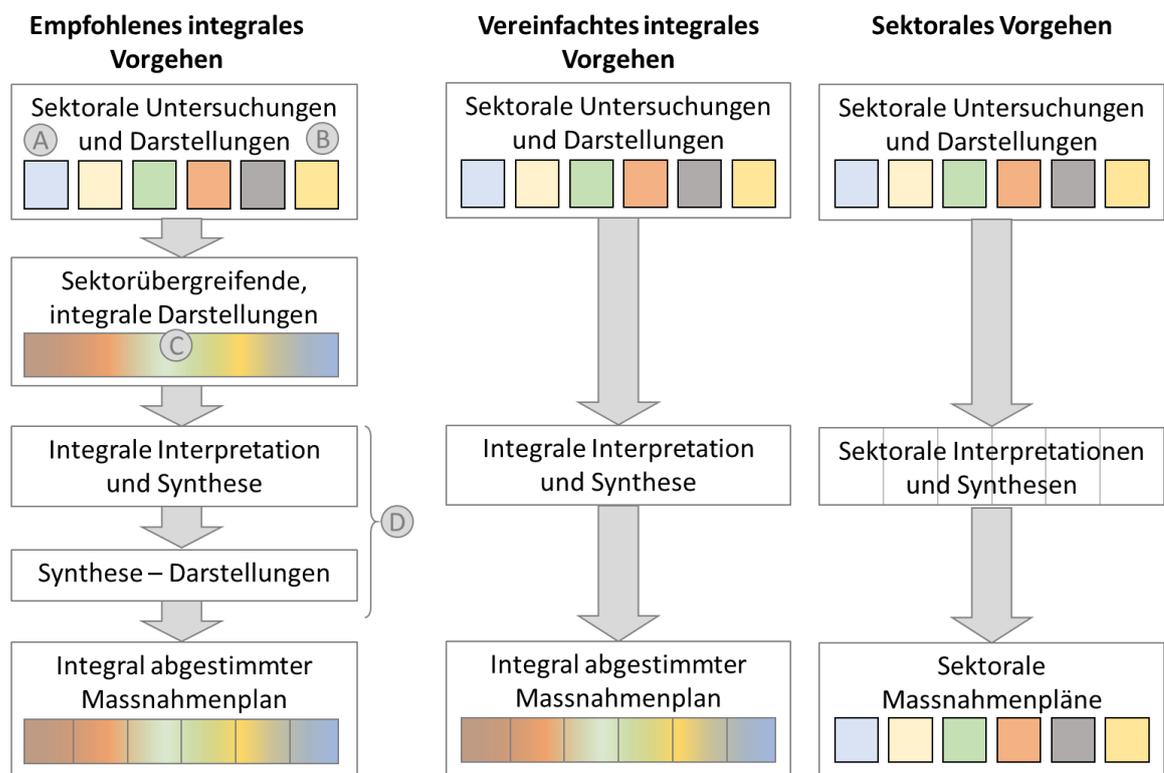


Abbildung 7: Illustrationen und Bsp. unterschiedlicher Herangehensweisen, um von Grundlagen auf Massnahmen und Prioritäten zu schliessen.

In den folgenden Kapiteln 3.2 bis 3.5 wird das empfohlene, integrale Vorgehen (links im Schema) im Detail erläutert. Die Schritte A – D der nachfolgenden Kapitel beziehen sich auf die entsprechenden Verweise des Schemas.

3.2 Schritt A: Untersuchungen des aktuellen Gewässerzustands

Die Untersuchungen des aktuellen Gewässerzustands werden in der Regel im Rahmen von nationalen und kantonalen Messkampagnen laufend erhoben. Für Gewässersynthesen werden bestehende Daten systematisch aufgearbeitet und beurteilt. Je nach Fragestellung können zusätzliche Untersuchungen sinnvoll sein. Mit dem Modul-Stufen-Konzept (MSK) liegen in der Schweiz standardisierte Methoden vor, die einen regionalen und auch zeitlichen Vergleich erlauben. Für einen Grossteil der Untersuchungsgebiete liegen Untersuchungsergebnisse folgender Bereiche vor, die immer berücksichtigt werden sollten:

- Ökomorphologie Stufe F
- Chemisch – physikalische Wasserqualität, Nährstoffe
- Makrozoobenthos – Untersuchungen

Zusätzlich werden je nach Gebiet weitere Untersuchungen durchgeführt, die je nach Datenlage und Fragestellungen miteinbezogen werden können:

- Hydrologie (MSK, Sanierungsprojekte, UVBs, Restwasserberichte, etc.)
- Äusserer Aspekt
- Messung und Simulation von Mikroverunreinigungen
- Untersuchungen nach STORM (VSA Regenwasserrichtlinie Modul S [17])
- Wassertemperatur
- Fische / Fischfangstatistik / Fischkrankheiten
- Kieselalgen
- Ökomorphologie Seeufer
- Beurteilung Einleitstellen (VSA Regenwasserrichtlinie Modul G [17])
- Wasserpflanzen
- Nutzen und Prioritäten aus Revitalisierungsplanung
- Hochwasserschutzdefizite aus Gefahrenkarten

Eine Gewässersynthese über ein gesamtes Kantonsgebiet oder über ein Einzugsgebiet bietet die Gelegenheit das Messnetz der bestehenden Untersuchungen zu überprüfen und nötigenfalls anzupassen. Die Verteilung der Messstellen und das Intervall der Untersuchungen wird von Kanton zu Kanton sehr unterschiedlich festgelegt, eine gesamtschweizerische Übersicht fehlt unseres Wissens zurzeit. Eine sinnvolle Festlegung der Untersuchungsstellen und Untersuchungsintervalle ist entscheidend. Es braucht nicht nur Problemstellen sondern auch Referenzstellen; unterschiedlich geprägte Einzugsgebiete; auch kleine Gewässer; koordinierte Untersuchung von äusserem Aspekt, Chemie und Biologie. Es kommt vor, dass im Schritt C oder D festgestellt wird, dass die vorliegenden Untersuchungsparameter oder die Untersuchungsstellen nicht ausreichen, um die Belastungsquellen einzugrenzen. Dann kann für das nächste Monitoring (in der Regel einige Jahre später) ein optimiertes Untersuchungsprogramm definiert werden.

Karten mit unterschiedlichen Darstellungen der Resultate der Gewässerzustands-Untersuchungen sind im Kapitel 4.3 beschrieben und in der Beilage mit einigen Beispielen zusammengestellt.



Abbildung 8: Kanton Aargau: Regionale Untersuchungen im 10-Jahresrhythmus (2011 – 2020) [18]

3.3 Schritt B: Untersuchungen der Belastungsquellen

Auswahl der zu untersuchenden Belastungsquellen oder beeinflussenden Sektoren

Für umfangreiche Untersuchungsgebiete ist es kaum praktikabel alle möglichen Belastungsquellen oder Sektoren mit negativen Auswirkungen auf die Gewässer im Detail zu untersuchen und die punktuellen und flächenhaft auftretenden Emissionen zu quantifizieren. Eine Beschränkung auf die häufigsten und bedeutendsten Belastungsquellen ist notwendig. Der Einbezug von Fachpersonen mit guten lokalen Detailkenntnissen unterstützt die sinnvolle Auswahl der zu untersuchenden Belastungsquellen.

Karten mit Darstellung von Belastungsquellen sind im Kapitel 4.3 beschrieben und in der Beilage mit Beispielen zusammengestellt.



Abbildung 9: Beispielbilder von Belastungsquellen
 (Quelle: Sachplan Oberflächengewässer FR; HBT)

Datenaufbereitung der Grundlagen

Um bei Defiziten bei der Wasserqualität Rückschlüsse auf die Quelle der Belastungen ziehen zu können, empfiehlt sich zumindest bezüglich der häufigsten Belastungsquellen quantitative und statistische Daten zu erheben. Sie erlauben einen Vergleich verschiedener Einzugsgebiete und die Einschätzung der Relevanz der untersuchten Sektoren.

- ARA: Emissionsfrachten und Beurteilung der Einleitstelle
- Siedlungsentwässerung: Entlastungshäufigkeit und -Fracht, Beurteilung der Einleitstellen gemäss Modul Gewässeruntersuchung, Beurteilung und Massnahmen GEP
- Landwirtschaft: Landnutzung / Bodenbedeckung im Einzugsgebiet, Bewirtschaftungsformen, Gewässeranschlussflächen, Diffuse P/N Einträge
- Hydrologie: Abflussverhältnisse unter Berücksichtigung der Wasserentnahmen

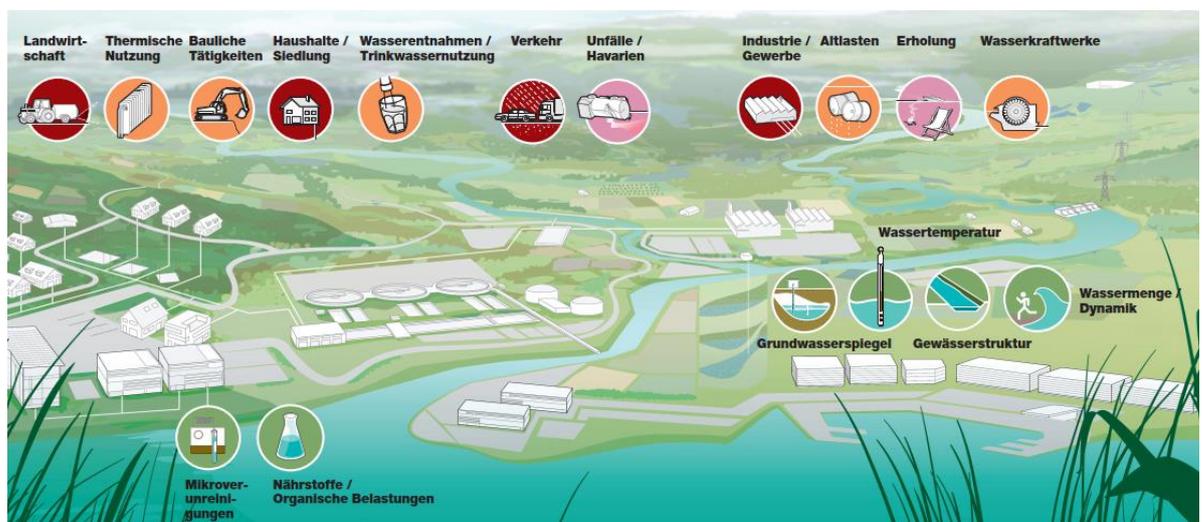


Abbildung 10: Einflussfaktoren der Gewässerqualität (Gewässerbericht Kt. ZH [5])

3.4 Schritt C: Zusammenstellung aller relevanten Sektoren des Einzugsgebiets

In den Schritten A und B werden die einzelnen Sektoren analysiert und die Ergebnisse zusammengestellt. Für die meisten Sektoren gibt es dafür standardisierte Methoden (z.B. MSK, GEP, ...). Im Schritt C geht es darum, diese sektoralen Daten und Auswertungen zusammenzuführen, um ein umfassendes Gesamtbild über das Untersuchungsgebiet zu gewinnen. Vom BAFU wurde im 2010 ein Entwurf zur Synthese der Modul-Stufen-Konzept - Beurteilungen auf Stufe F publiziert [19]. Das darin empfohlene Vorgehen und die Darstellungs-Vorschläge haben sich bisher in der Praxis jedoch nicht durchgesetzt.

Karten mit sektorübergreifenden Auswertungen sind im Kapitel 4.4 beschrieben und Beispiele dazu in der Beilage zusammengestellt.

3.5 Schritte D: Interpretation, als Grundlage eines Massnahmenplans

Zusätzlich zu quantitativen und statistischen Grundlagen (Schritte A und B), die in Übersichten zusammengestellt werden können (Schritt C) müssen in die Beurteilung auch Kenntnisse von Fachpersonen miteinbezogen werden, denn die ausschliessliche Aufarbeitung von numerisch verfügbaren Datengrundlagen reicht in der Regel nicht aus für eine umfassende Zustandsanalyse. Detailkenntnisse zu Spezialitäten, Entwicklungen und Projekten im Einzugsgebiet können die entscheidenden Hinweise zur Gewässerbelastung und zu den sinnvollen, prioritären Massnahmen liefern.

Wir empfehlen dieses Knowhow mittels **Interviews, Workshops oder Sitzungen** bei den entsprechenden Fachpersonen abzuholen und in die Grundlagen zu integrieren. Als effizientes Vorgehen hat sich dabei bewährt, die verfügbaren Grundlagen aufzubereiten und übersichtlich darzustellen und anschliessend mit den zusätzlichen Fachinformationen der Fachpersonen zu ergänzen (in den Karten und Schemas, oder in Textform). Dabei werden direkt auch die Ursache-Wirkungs – Analysen mit den entsprechenden Fachspezialisten durchgeführt.

Im Schritt D werden also die Grundlagen interpretiert, um Erklärungen für die festgestellten Defizite zu finden, und die Stossrichtungen für deren Behebung zu formulieren. Es werden Aggregationen durchgeführt und Prioritäten gesetzt:

- Räumliche Aggregationen: Punktuelle Informationen werden auf Gewässerabschnitte extrapoliert, Verschiedene Informationen eines Gewässerabschnitts werden zusammengefasst und dadurch gefiltert (verschiedene Methoden können eingesetzt werden: Worst-case, Mittelwert, Median, Gewichtungen, etc.). Dadurch können beispielsweise Fragen wie folgende dargestellt werden:
 - Besteht in einem Einzugsgebiet ein gesamthaft kleines, mittleres oder grosses morphologisches Defizit?
 - Ist die Wasserqualität im Fliessgewässer gut trotz einer Messstelle mit stets hohem Zn-Gehalt?
 - Wie natürlich ist ein Gewässerabschnitt?
- Thematische Aggregationen und Prioritätensetzung. Es gibt verschiedene Methoden. Es braucht in der Regel Interpretationen, Gewichtung zwischen Bereichen, Priorisierungen etc. Beispiele von so behandelten Fragen sind:
 - Ist die intensive Landwirtschaft oder die Mischwasserentlastung verantwortlich für hohe Stickstoffgehalte im Gewässerabschnitt?
 - Was ist die Ursache der schlechten biologischen Beurteilung (z.B. IBCH): Die starke Verbauung, das Restwasserregime, die mässige Wasserqualität oder eine Kombination der Beeinträchtigungen?

Auch die Resultate derartiger Interpretation oder Entscheidungen können auf Karten festgehalten werden, in diesem Bericht auch «Synthese-Karten» genannt. Kartenbeispiele sind im Kapitel 4.5 und 4.6 sowie in der Beilage beschrieben bzw. zusammengestellt.

4 Karten für Gewässersynthesen

4.1 Überblick der Kartentypen

Karten geben Überblick

Die Fülle von Daten und Informationen eines grossen und vielfältigen Einzugsgebiets oder eines ganzen Kantons kann ohne geeignete Darstellungsarten kaum erfasst und verarbeitet werden. Geeignete Darstellungen helfen, rasch die entscheidenden Informationen zu finden und erlauben dadurch bessere Interpretationen.

Kartographische Darstellungen ermöglichen die massstabgerechte und positionsgenaue Darstellung von Untersuchungsergebnissen, Einzugsgebietseigenschaften und Belastungsquellen. Sie erlauben mit dem Gebiet vertrauten Personen eine rasche Orientierung.

Je nach Zielgruppe und beabsichtigter Aussage eignen sich unterschiedliche Darstellungsarten mit unterschiedlich vielen Informationen. Es muss zwischen vielen Details und Vereinfachungen abgewogen werden.

Für die Klassierung der verschiedenen Karten wurden 4 Typen definiert. Die untenstehenden Abschnitte und die Abbildung 11 enthalten Kurzbeschreibungen der Typen, die in den folgenden Kapiteln weiter vertieft werden. Weitere Kartenbeispiele finden sich in der separaten Beilage.

Typ ①: Sektorale Karten (nur ein Thema) - Werden oft eingesetzt

Für eine rasche und umfassende Erfassung der wesentlichen Informationen ist es notwendig, den Informationsgehalt entsprechend dem Kartenmassstab anzupassen. In vielen Projekten wurden geeignete Kartenlayouts entwickelt zur übersichtlichen Darstellung sektoraler Untersuchungsergebnisse. Solche thematischen Übersichtskarten sind wichtig, um sich einen Überblick der Untersuchungsergebnisse zu verschaffen. Werden «nur» die Resultate eines Themas auf einer Karte dargestellt, kann in der Regel auf kleinem Massstab die Information zu einem grossen Gebiet vermittelt werden. Für eine sektor- und themenübergreifende Gesamtsicht ist die Konsultation zahlreicher thematischer Karten erforderlich.

Siehe Kapitel 4.3 für weitere Erläuterungen und die Beilage für Kartenbeispiele.

Typ ②: Sektorübergreifende integrale Karten – Werden ab und zu eingesetzt

Zusätzlich zu sektoralen Karten können sektorübergreifende Karten helfen, eine rasche Gesamtübersicht über ein Einzugsgebiet zu gewinnen, und Messergebnisse verschiedener Sektoren zu vergleichen. Es gibt bisher erst wenige Beispiele geeigneter Synthesekarten, welche sowohl leicht lesbar sind und gleichzeitig die wichtigen Informationen vermitteln. Die Erstellung solcher Karten ist anspruchsvoll, denn das Risiko ist immer, durch zu viele kombinierte Informationen die Betrachter zu verwirren.

Siehe Kapitel 4.4 für weitere Erläuterungen

Typ ③ : Sektorale Synthesekarten der Interpretationen – Sind seltener

Werden nicht nur Rohdaten bzw. Untersuchungsergebnisse dargestellt, sondern das Resultat einer Interpretation oder Entscheidung, sprechen wir in diesem Bericht von Synthese-Karten.

Für sektorale Synthesekarten der Interpretationen werden räumliche Aggregationen durchgeführt: Informationen werden zusammengefasst und dadurch gefiltert (Verschiedene Methoden können eingesetzt werden: Worst-case, Mittelwert, Median, Gewichtungen, etc.).

Siehe Kapitel 4.5 für weitere Erläuterungen.

Typ ④: Sektorübergreifende integrale Synthesekarten der Interpretationen – Sind selten

Es können nicht nur räumliche, sondern auch thematische Aggregationen vorgenommen werden. Hierfür braucht es Interpretationen, Gewichtung zwischen Bereichen, Priorisierungen etc.

Siehe Kapitel 4.6 für weitere Erläuterungen.

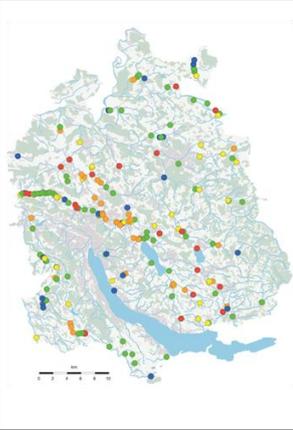
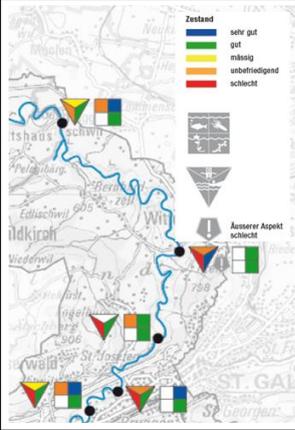
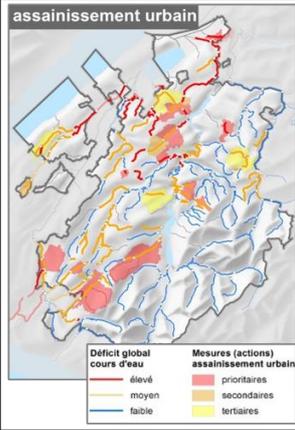
Darstellung der Untersuchungsergebnisse		Darstellung der Interpretationen (Synthese-Darstellungen)	
Keine Interpretation, Abwägung oder Priorisierung		Enthalten Beurteilungen, Interpretationen, Abwägungen, Entscheide	
Typ ①: Sektorial (nur ein Thema)	Typ ②: Sektorübergreifend (viele Themen)	Typ ③: Sektorial (nur ein Thema)	Typ ④: Sektorübergreifend (viele Themen)
			

Abbildung 11: Für die Klassierung der verschiedenen Karten wurden 4 Typen definiert. Weitere Kartenbeispiele finden sich in der separaten Beilage. Quellen der Abbildungen von links nach rechts: [5],[19],[14],[20]

4.2 Die richtige Menge an Information pro Karte

Für die kartographische Darstellung werden Resultate in Abhängigkeit des Kartenmassstabs zusammengefasst, um eine gute Übersicht aller für die Gewässerqualität relevanter Informationen zu vermitteln. Auf grossem Massstab (kleines Gebiet) werden Detailinformationen dargestellt, auf kleinem Massstab (grosstes Gebiet) werden die Resultate synthetisiert und zusammenfassend dargestellt. Neben statischen Kartenprodukten mit den aufbereiteten Daten auf verschiedenen Betrachtungsebenen (wie man sie z.B. in Gewässerberichten oder z.T. auch auf den Web-GIS-Seiten der Kantone sehen kann) wären auch dynamische GIS- und Webapplikationen geeignet, mit welchen eine schnelle Navigation im Untersuchungsgebiet auf verschiedenen Zoomstufen möglich ist.

Uns ist keine derartige Anwendung für Fließgewässer bekannt. Für Seen geht die Plattform «Data Lakes [26]» der Eawag in diese Richtung.

Die Tabelle 3 gibt erste Hinweise, welche Kartentypen für welche räumlichen Betrachtungsebenen in Frage kommen.

Tabelle 3: Kartographische Darstellung von Untersuchungsergebnissen und Gewässersynthesen auf drei verschiedenen Betrachtungsebenen.

Farben der Felder:

hellblau: geringe Daten / Informationsdichte -

grün: optimale Daten / Informationsdichte -

beige: sehr hohe Daten / Informationsdichte

einfacher lesbar

sollte bei sorgfältiger Darstellung lesbar sein

schwer lesbar bzw. interpretierbar

	Darstellungen der Untersuchungsergebnisse <i>Keine Interpretation, Abwägung oder Priorisierung</i>		Darstellung der Interpretationen (Synthese-Darstellungen) <i>Enthalten Beurteilungen, Interpretationen, Abwägungen, Entscheide</i>	
	Typ ①: Sektoral (nur ein Thema) Kapitel 4.3 <i>nur 1 Thema / Sektor</i>	Typ ②: Sektorübergreifend (viele Themen) Kapitel 4.4 <i>viele Themen / Sektoren</i>	Typ ③: Sektoral (nur ein Thema) Kapitel 4.5 <i>nur 1 Thema / Sektor</i>	Typ ④: Sektorübergreifend (viele Themen) Kapitel 4.6 <i>viele Themen / Sektoren</i>
Grosses Untersuchungsgebiet (kleiner Massstab) Bsp: Kanton FR	Erkennung räumlicher Muster	Arbeitskarte Spezialisten (hohe Informationsdichte, geringe Lesbarkeit)	Handlungsbedarf pro Thema / Sektor	Gesamtübersicht Defizite / Handlungsfelder
Gewässer – Einzugsgebiet (mittlerer Massstab) Bsp: Einzugsgebiet Glâne	Entwicklungen im Gewässerverlauf	Übersicht Daten / Zustand für hydrologisches Einzugsgebiet	Defizite / Massnahmenplanung pro Sektor	Defizite / Massnahmenplanung Sektorübergreifend
Teil – Einzugsgebiet (grosser Massstab) Bsp: Gewässerabschnitt der Glâne	X	Daten / Detailinformationen zu kleinem Gebiet (z.B. Quartier)	Detaillierte Defizite / Massnahmenplanung pro Sektor	Detaillierte Defizite / Massnahmen für ein kleines Gebiet

Tabelle 4: Sammlung und Klassierung kartographischer Darstellungen (Siehe separate Beilage)

In der Beilage findet sich eine Zusammenstellung von rund 25 gelungenen Karten- und Schemas. Eine Übersicht und Strukturierung der Beispiele finden sich zu Beginn der Beilage.

4.3 Typ ①: Sektorale Karten (nur ein Thema), z.B. Darstellung von Messresultaten

Beschreibung

Kartographische Aufbereitung der Untersuchungsergebnisse eines Themenbereichs. Es werden Rohdaten oder auch gemäss definierter Methodik (z.B. MSK) bewertete Untersuchungsergebnisse dargestellt. Häufig wird mittels Farbcodes und/oder Symbolwahl die Interpretierbarkeit der Inhalte erleichtert.

Die kartographische Darstellung sektoraler Untersuchungsergebnisse ist weit verbreitet. Die meisten Projekte und Berichte zur Gewässerqualität von Fließgewässern verwenden diesen Typ von Karten. Sie sind einerseits für die Analyse / Beurteilung und andererseits auch für die Kommunikation unverzichtbar. Wegen ihres eher einfachen Inhalts eignen sie sich für grosse Gebiete.

Eignung

- Darstellung der Untersuchungsstellen und Untersuchungsergebnisse eines Sektors
- Übersicht eines Aspekts über ein grosses Gebiet (z.B. Kanton, Gewässereinzugsgebiet, ...)
- Erkennung von regionalen Mustern
- Veränderungen und Entwicklungen eines Themas im Gewässerverlauf oder nach Regionen

Zielpublikum	Spezialist	Amateur
Masstab	kleines Gebiet	grosses Einzugsgebiet
Informationsdichte	gering	hoch
Einsatz	häufig	selten

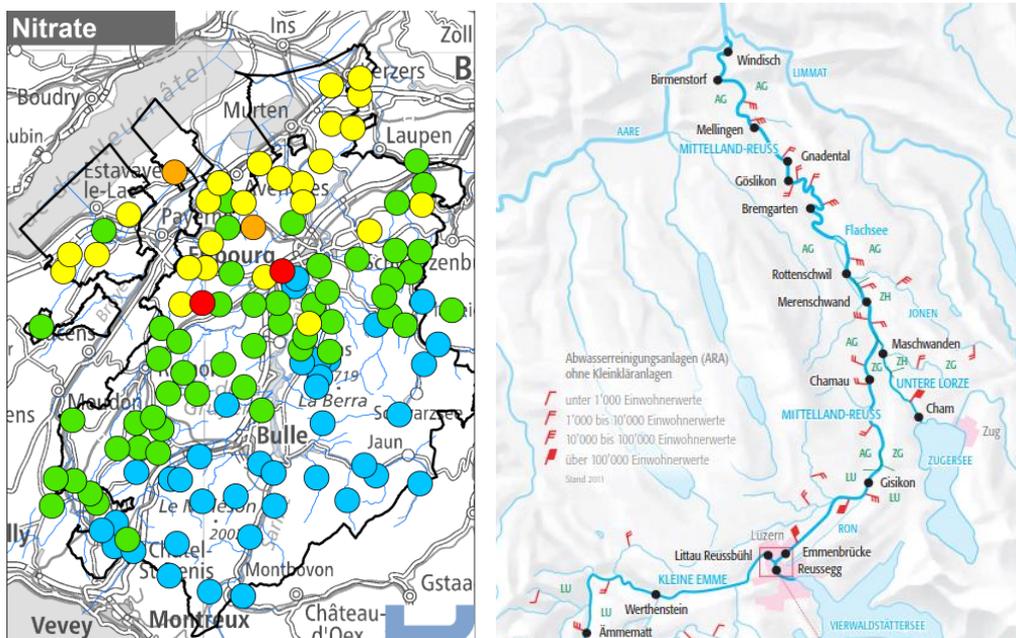


Abbildung 12: Beispiele von sektoralen Karten (Typ ①). Quellen: links [14], rechts [21]. Weitere Beispiele: → Beilage, Teil 1

4.4 Typ ②: Sektorübergreifende integrale Karten, z.B. Darstellung von Messresultaten

Beschreibung

Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse mehrerer Sektoren, um ein umfassendes Gesamtbild über das Untersuchungsgebiet zu gewinnen. Um die Lesbarkeit und die Interpretierbarkeit zu gewährleisten, wird häufig eine Auswahl der miteinander in Beziehung stehenden Sektoren dargestellt. Werden Untersuchungsergebnisse mit Daten zu Belastungsquellen kombiniert, können Ursache-Wirkungs-Analysen unterstützt werden. Aufgrund der hohen Informationsdichte ist der Anspruch an die Symbolisierung hoch, um die Lesbarkeit und Interpretierbarkeit sicherzustellen.

Eignung

- Gesamtübersicht eines Untersuchungs- oder Einzugsgebiets
- Erkennung von Zusammenhängen, Untersuchung von Ursache-Wirkungs – Beziehungen
- Sektorübergreifende Beurteilung des Gewässerzustands
- Integrale Betrachtung, Eruiierung der Hauptdefizite
- Strategische Planung, Priorisierung

Zielpublikum	Spezialist	Amateur
Masstab	kleines Gebiet	grosses Einzugsgebiet
Informationsdichte	gering	hoch
Einsatz	häufig	selten

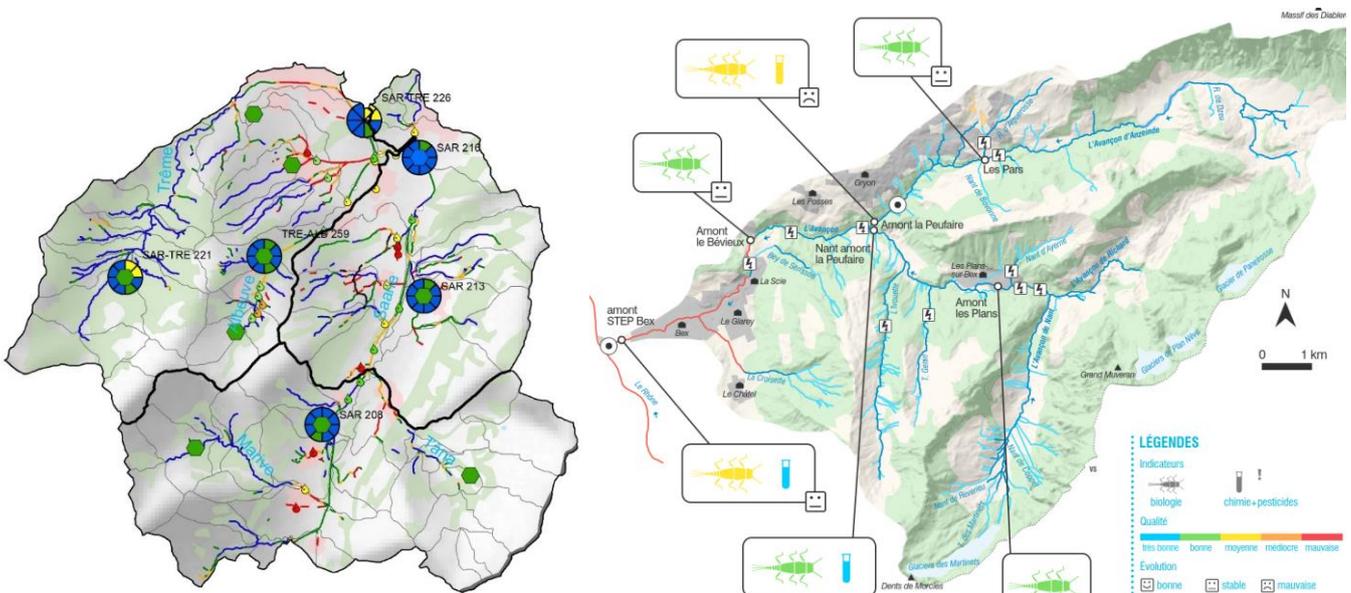


Abbildung 13: Beispiele von sektorübergreifenden Karten (Typ ②). Quellen: links [14], rechts [22]. Weitere Beispiele: → Beilage, Teil 2

4.5 Typ ③: Sektorale Synthesekarten der Interpretationen

Beschreibung

Von Synthesekarten sprechen wir, wenn nicht nur die Resultate der Gewässeruntersuchungen, sondern die interpretierten, synthetisierten oder zusammengefassten Defizite, Massnahmen oder Prioritäten kartographisch dargestellt werden. Beispielsweise müssen die detaillierten Untersuchungsergebnisse für die Bewertung auf Einzugsgebiets-Niveau zusammengefasst und gewichtet werden. Oder es werden z.B. in einer strategischen Planung jene Gewässerabschnitte und Einzugsgebiete ausgeschieden, wo Massnahmen eines bestimmten Sektors zu priorisieren sind.

Eignung

- Aufzeigen des Zustands eines Einzelthemas oder sektoraler Defizite im Untersuchungsgebiet.
- Räumliche Verteilung eines Massnahmentyps im Untersuchungsgebiet.
- Darstellung der prioritären Handlungsgebiete für bestimmte Massnahmentypen.
- Räumliche Muster erkennen und mit Verwaltungseinheiten abgleichen.

Zielpublikum	Spezialist	Amateur
Masstab	kleines Gebiet	grosses Einzugsgebiet
Informationsdichte	gering	hoch
Einsatz	häufig	selten

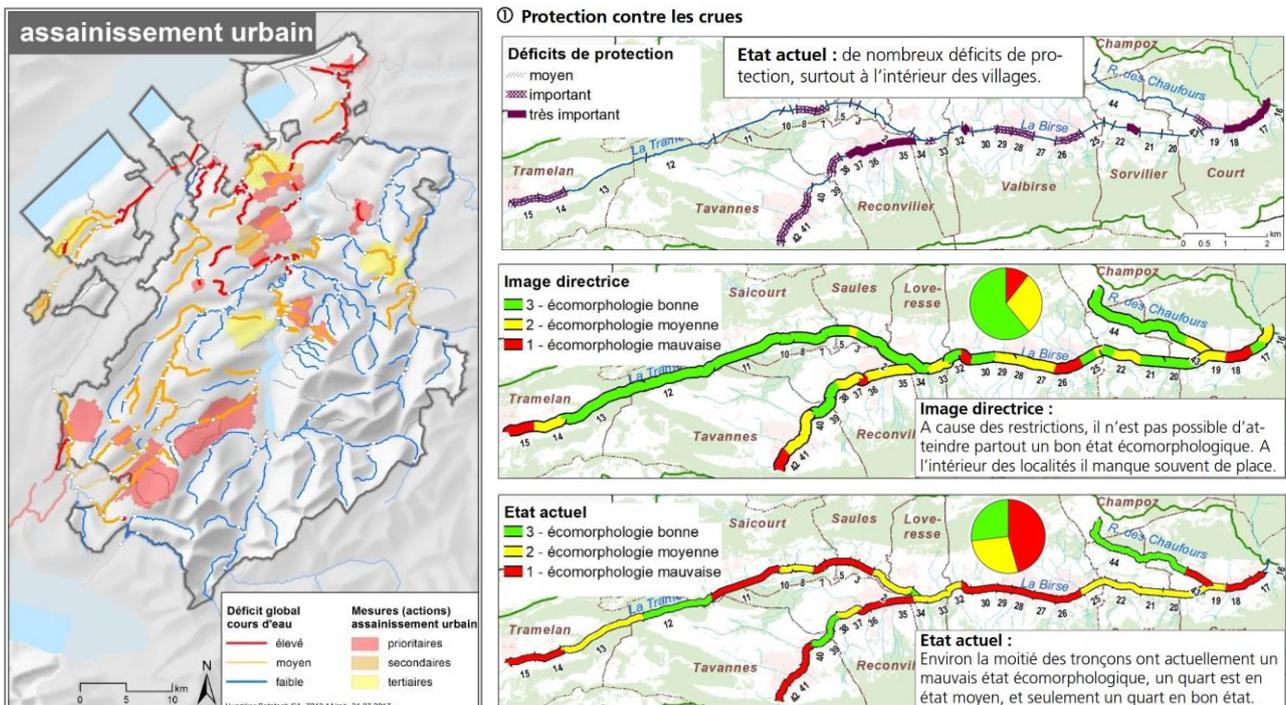


Abbildung 14: Beispiele von sektoralen interpretierten Synthesekarten (Typ ③). Quellen: links [14], rechts [23]. Weitere Beispiele: → Beilage, Teil 3

4.6 Typ ④: Sektorübergreifende integrale Synthesekarten der Interpretationen

Beschreibung

Übersichtskarten, welche von allen untersuchten Sektoren die synthetisierten Resultate zeigen. Sie erlauben eine schnelle Übersicht über den Zustand bzw. über den Handlungsbedarf sowohl sektoriell als auch sektorübergreifend. Damit die Lesbarkeit und Interpretierbarkeit gewährleistet bleibt, ist die Symbolisierung und Darstellung von hoher Bedeutung.

Eignung

- Schnelle Übersicht des Untersuchungsgebiets und der Hauptdefizite / Handlungsfelder
- Kommunikation (Bevölkerung, Politik)
- Verallgemeinerung durch Spezialisten für Verständnis bei Amateuren.
- Entwicklung des integralen Gewässerzustands im Längsverlauf
- Massnahmen- und Prioritätenübersicht

Zielpublikum	Spezialist	Amateur
Masstab	kleines Gebiet	grosses Einzugsgebiet
Informationsdichte	gering	hoch
Einsatz	häufig	selten

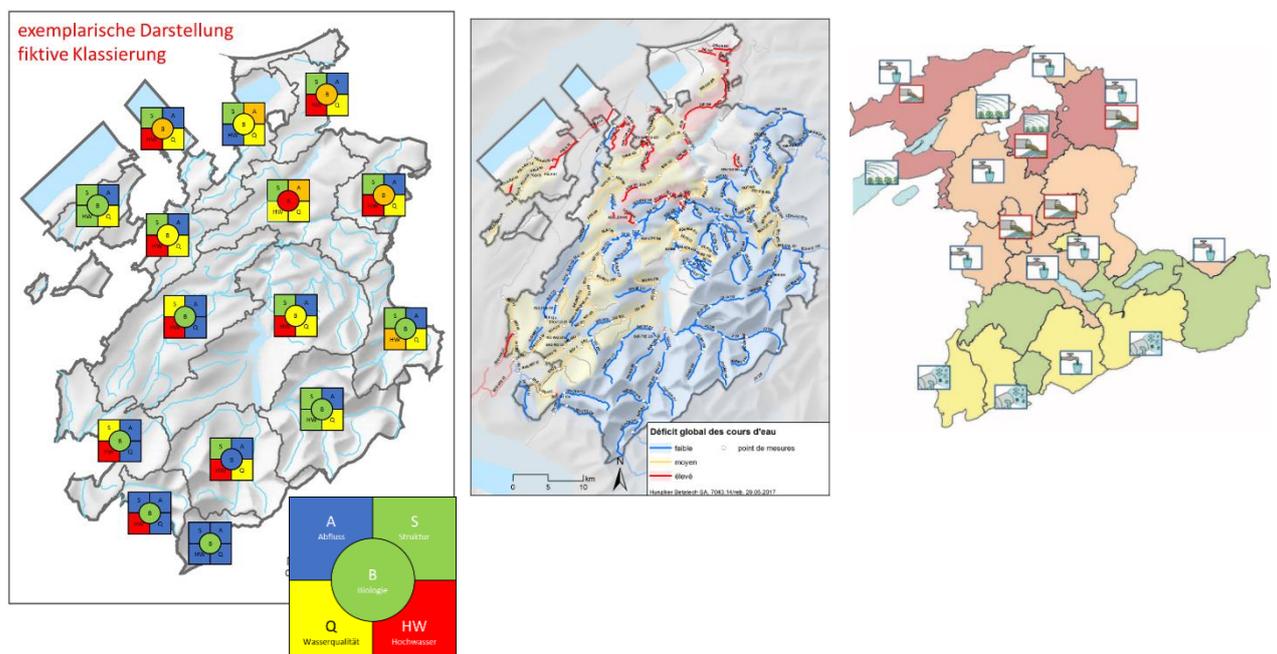


Abbildung 15: Beispiele von sektoralen interpretierten Synthesekarten (Typ ④). Quellen links: fiktive Kartendarstellung HBT, Mitte: [14], rechts: [20]. Weitere Beispiele: → Beilage, Teil 4

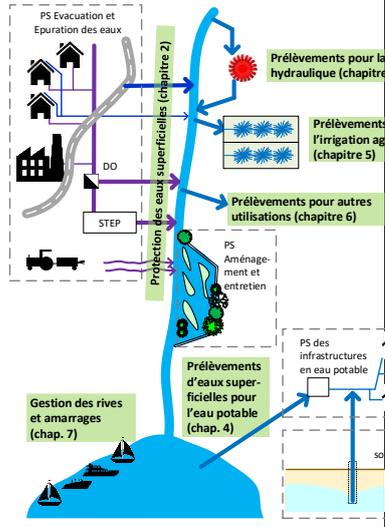
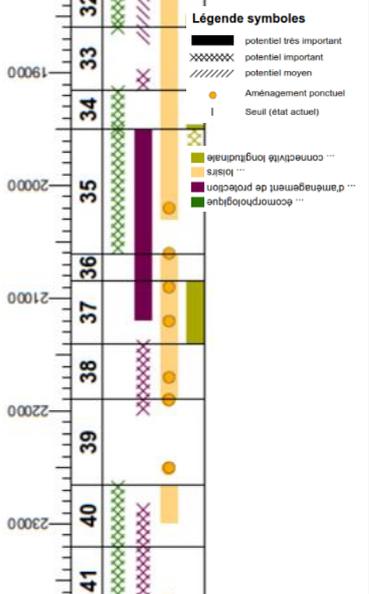
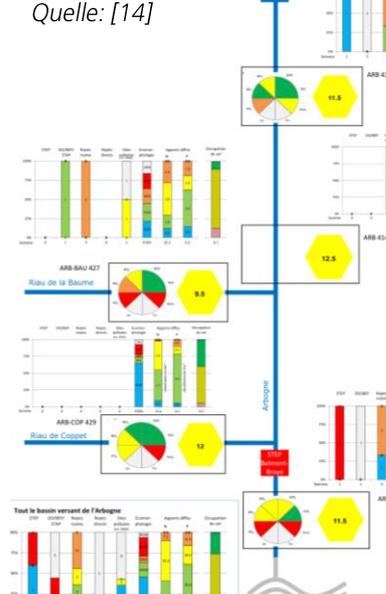
5 Schematische Darstellungen (Typ 5) für Gewässersynthesen

Im Gegensatz zu kartografischen Darstellungen kann bei schematischen Darstellungen die räumliche Lage den Bedürfnissen an die Übersichtlichkeit angepasst werden. Schematische Darstellungen erlauben gegenüber den kartografischen Darstellungen eine bessere Lesbarkeit für Laien und die Betonung der topologischen und thematischen Zusammenhänge. Während bei kartografischen Karten der Bezugsrahmen eine fixe Einteilung vorgibt, sind bei schematischen Darstellungen die Möglichkeiten zur Anordnung der Informationen völlig frei. Meist werden schematische Darstellungen in Ergänzung zu topografischen Karten eingesetzt.

Fliessgewässerschemas mit räumlichem Bezug können in drei Arten unterteilt werden, wobei meist ein Gewässer-Einzugsgebiet oder ein einzelnes Fliessgewässer im Fokus steht; für die Darstellung grosser Untersuchungsgebiete (z.B. Schweiz oder Kanton) eignen sich schematische Darstellungen weniger.

Die Tabelle 5 zeigt drei Arten von Gewässerschemas mit räumlichem Bezug. In der Beilage ist eine Auswahl von weiteren schematischen Darstellungen im Bereich der Fliessgewässer zusammengestellt. Die topologischen Fliessgewässerschemas und die linearisierten Schemas eignen sich speziell für das Verständnis der Veränderung der Wasserqualität im Längsverlauf eines Gewässers.

Tabelle 5: Beispiele von Fliessgewässerschemas mit räumlichem Bezug.

kartografische Schemas mit modifizierter Raumdimension	Linearisiertes Fliessgewässer-Schema	Topologisches Fliessgewässer-Schema
 <p>Quelle: [14]</p>	 <p>Quelle: [23]</p>	 <p>Quelle: [14]</p>
<p>Stärken:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fokussierung auf Teilgebiete / Themen - Abstrahierung / Symbolisierung für Nicht-Spezialisten 	<p>Stärken:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Entwicklungen im Gewässer – Längsverlauf - Thematische / sektorale Überschneidungen - Längenverhältnisse 	<p>Stärken:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ursache-Wirkung-Analysen - Entwicklungen im Gewässer Längsverlauf - Integration statistischer Analysen zur Landnutzung / Belastungsquellen



Zusätzlich zu den Gewässerschemas mit räumlichem Bezug existiert eine grosse Zahl unterschiedlicher thematischer Schemas, welche hier nicht weiter behandelt werden (→ Beilage für einige Beispiele).

6 Interviews

6.1 Kurzzusammenfassung der Meinungen der interviewten Personen

6.1.1 Ziele der Interviews

Mit ausgewählten Vertretern von kantonalen Fachstellen und weiteren Akteuren der Wasserwirtschaft wurden Interviews geführt, zur folgenden Hauptfrage: Wie kommt man am besten aus (sektoralen) Messungen im Gewässer zu einer Gesamtsicht im Einzugsgebiet und zu den prioritären Massnahmen, und welche Darstellungsarten der Messdaten sind dazu hilfreich?

Für die Interviews wurden Personen ausgewählt, die sich nach Kenntnis der Autoren bereits intensiv mit der integralen Auswertung und Synthese von Gewässerdaten befasst haben, und von denen eine möglichst unterschiedliche Einschätzung des Nutzens von Gewässersynthesedarstellungen erwartet wurde. Es handelt sich um:

- Dr. Pius Niederhauser, Leiter der Sektion Oberflächengewässerschutz, in der Abteilung Gewässerschutz des Amts für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) des Kantons Zürich
- Dr. Lukas De Ventura, Fachspezialist Oberflächengewässer, Abteilung für Umwelt, Sektion Abfallwirtschaft, Altlasten, Umweltlabor und Oberflächengewässer, Kanton Aargau
- Lukas Egloff, Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Wasser des Amts für Umwelt des Kantons Solothurn
- Dr. Nele Schuwirth, Leiterin der Abteilung Systemanalyse, Integrated Assessment und Modellierung, Gruppenleiterin Ökologische Modellierung, eawag
- Stefan Hasler, Direktor Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA)
- Olivier Chaix, Integralia SA

Ziele der Interviews

1. Information über das Projekt geben,
2. Verstehen und dokumentieren, wie im Kanton des Interviewpartners vorgegangen wird,
3. Die Meinung zu den im vorliegenden Projekt entwickelten Vorstellungen kennen lernen,
4. Abklären, ob es Interesse und Möglichkeiten für ein Pilotprojekt gibt.

Die Aussagen der Interviewteilnehmer sind nachfolgend zusammengefasst.

6.1.2 Pius Niederhauser (AWEL Kt. ZH)

Zusammenfassung des Interviews vom 13.09.2022 mit Dr. Pius Niederhauser, Leiter der Sektion Oberflächengewässerschutz, in der Abteilung Gewässerschutz des Amtes für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) des Kantons Zürich (Interview geführt durch H. Wehse, HBT)

Heutiges Vorgehen im Kanton:

- Die Gewässerqualitätsdaten im Kanton Zürich werden standardmässig sektoral erhoben und ausgewertet, separat für das normale Monitoring, die Siedlungsentwässerung und die ARAs.
- Nur wo nötig, werden in ausgewählten Fällen vertiefte Studien der Einzugsgebiete durchgeführt, um alle Auswertungen zusammenzuführen. Standardmässig gibt es keine integralen Darstellungen.
- Alle 4 Jahre werden die wichtigsten Resultate des Gewässermonitorings im Zürcher Gewässerbericht publiziert. Ausserdem gibt es periodisch Kurzberichte pro Einzugsgebiet. Die Ergebnisse pro Messstation sind im Internet durch Klicken auf eine Karte abrufbar
- Die Zusammenarbeit und der Wissensaustausch zwischen den verschiedenen kantonalen Fachstellen sind gut. Die Aussagen des Gewässerberichts sind zwischen den kantonalen Fachstellen abgestimmt.
- Das heutige Vorgehen ist gut. Es braucht keine Anpassungen.

Meinung zum vorgeschlagenen Vorgehen mit integralen Karten und Schemas:

- Um einen Gesamtüberblick zu erhalten, sind nebeneinandergelegte sektorale Karten und Darstellungen geeignet. Das ist besser als zu versuchen, alles auf einer Karte oder in einem Schema zusammenzuführen, denn solche Darstellungen überfordern die Betrachter.

Bedarf an Empfehlungen etc.

- Es braucht keine methodischen Vorgaben, wie man die Auswertungen und Synthesen vornehmen soll, denn je nach Gebiet, Problemstellung und beteiligten Leuten wird man unterschiedlich vorgehen. Vereinheitlichungen hatte man mit dem MSK-Synthese-Modul erfolglos versucht.
 - Durchaus hilfreich wäre aber eine Sammlung von bestehenden Gewässerkarten und -Schemas, als Inspirationsquelle, sowie dokumentierte Best-Practice-Beispiele
-

6.1.3 Lukas De Ventura (AfU Kt. AG)

Zusammenfassung des Interviews vom 20.09.2022 mit Dr. Lukas De Ventura, Fachspezialist Oberflächengewässer, Abteilung für Umwelt, Sektion Abfallwirtschaft, Altlasten, Umweltlabor und Oberflächengewässer, Kanton Aargau (Interview geführt durch H. Wehse, HBT)

Heutiges Vorgehen im Kanton:

- Periodisches Monitoring von 10 Regionen (bzw. Einzugsgebieten) und Auswertung: Nährstoffe, Äusserer Aspekt, Makrozoobenthos (IBCH, Spear-Index), Kieselalgen (DI-CH)
- Ab 2021/ 2022 werden Gewässersynthesen pro Einzugsgebiet getestet, und sollen in Zukunft in allen Monitorings eingesetzt werden. Ziel ist sich in Richtung eines «Vollzugsmonitorings» zu bewegen, als Bestandteil eines integralen Einzugsgebietsmanagements, in welchem eine direktere Verbindung zwischen der Gewässerüberwachung und den Massnahmen (z.B. der Siedlungsentwässerung) besteht.
- Aspekte, die das neue Monitoring leisten muss.
 - Belastungsquellen erkennen
 - Erfolg von Massnahmen erkennen: Das Monitoring hilft bei der Wirkungskontrolle, aber auch der Umsetzungskontrolle
 - Breite Dokumentation des Ist-Zustands im Einzugsgebiet (Qualität, vorkommende Arten, ...), als Vergleich für die Zukunft, um Veränderungen zu erkennen.
 - Kommunikation zwischen unterschiedlichen Fachleuten erleichtern. (Eventuell auch für die Bevölkerung... das ist noch zu überlegen.... Auch auf Homepage?)

Meinung zum vorgeschlagenen Vorgehen mit integralen Karten und Schemas:

- Die Darstellungen helfen, die Defizite zu erkennen, daraus Prioritäten festzulegen, und Hinweise zu den nötigen Massnahmen zu geben.
- Die Darstellungen sind auch ein Vehikel der Kommunikation, sie erleichtern es, mit den anderen Fachstellen in Kontakt zu treten, die dann die Massnahmen umsetzen müssen. Sie haben auch Potenzial für die Kommunikation nach aussen (dafür werden sie aber z.Z. noch nicht eingesetzt).

Bedarf an Empfehlungen etc.

- Sie haben ihr eigenes Vorgehenskonzept entwickelt, zurzeit wird es dokumentiert. Deshalb besteht kein Bedarf an allgemeinen Empfehlungen. Wobei eine Vereinheitlichung den Erfahrungsaustausch mit anderen Kantonen vereinfachen würde.
- Allenfalls würde es eine gemeinsame Datenbank (wie sie z.Z. der Kanton Bern erarbeitet) erleichtern, gewisse GIS-Darstellungen zu automatisieren. Solche Darstellungen würden wohl nicht direkt mit der Datenbank verknüpft, aber es könnte eine standardisierte Schnittstelle geben.

6.1.4 Lukas Egloff (AfU Kt. SO)

Zusammenfassung des Interviews vom 22.09.2022 mit Lukas Egloff, Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Wasser des Amts für Umwelt des Kantons Solothurn (Interview geführt durch H. Wehse, HBT)

Heutiges Vorgehen im Kanton:

- Monitoring der Chemie seit 30 Jahren, man wird (mit geringfügigen Anpassungen) daran festhalten.) Messstellen an Hauptgewässern werden monatlich beprobt, 18 Messstellen an den Nebengewässern werden periodisch beprobt: alle 6 Jahre während 2 Jahren.
- Biologische Aufnahmen werden nur punktuell oder in konzentrierten Messkampagnen durchgeführt. Allenfalls werden die biologischen Untersuchungen in Zukunft periodisch durchgeführt, parallel zu den chemischen Untersuchungen.
- Z.Zt. läuft eine Kampagne zum Monitoring der Pflanzenschutzmittel
- Alle 6-8 Jahre werden die Ergebnisse in einem Gewässerbericht zusammengefasst und ansprechend aufbereitet. Wenn spezielle Defizite erkannt werden, werden spezifische Aktivitäten ausgelöst (Z.Zt. z.B. Eine Kampagne zur Untersuchung der angestiegenen Kupferbelastung).
- Der integrale Austausch zwischen den Fachstellen findet statt, aber eher informell.
- In ausgewählten Einzugsgebieten werden REP erarbeitet. Z.Zt. als Pilot an der Oesch. Dort werden in Zusammenarbeit mit den lokalen Akteuren die Defizite und Massnahmen auf breiter Grundlage analysiert.
- Eigentliche Massnahmenpläne auf Kantonsebene gibt es nicht. Man setzt hier mehr auf den Ansatz von unten (bottom-up) um ihm Rahmen der REP gemeinsam Massnahmen zu formulieren, und dadurch auch die Umsetzungschancen zu verbessern.

Meinung zum vorgeschlagenen Vorgehen mit integralen Karten und Schemas:

- Kein grosser Bedarf an so einem Vorgehen... mit dem breiten Monitoring und gezielten Vertiefungen bei Bedarf fährt man gut.
- Knackpunkt bzw. wichtige Frage ist, wie das Wissen vom Kanton zu den Gemeinden und Verbänden transferiert werden kann. Vielleicht könnten Syntheschemas dabei helfen.
- Es fehlt nicht an Wissen bzw. Ideen, was man tun müsste, sondern es ist schon schwierig, das umzusetzen, was man heute schon weiss.

Bedarf an Empfehlungen etc.

- Dokumentierte Best-Practice-Beispiele wären interessant. Vor allem interessiert die Frage, wie sich Gewässersynthesen bewähren, ob sie die Umsetzung von auf Kantonsebene erkanntem Handlungsbedarf erleichtern.
 - IT-Tools etc. nur, wenn sie mit sehr geringem Aufwand einsetzbar wären. Er sieht es eher als Service für Fachleute, und weniger als Kommunikationsmittel für die Öffentlichkeit.
-

6.1.5 Nele Schuwirth (eawag)

Zusammenfassung des Interviews vom 21.09.2022 mit Dr. Nele Schuwirth, Leiterin der Abteilung Systemanalyse, Integrated Assessment und Modellierung, Gruppenleiterin Ökologische Modellierung, eawag (Interview geführt durch H. Wehse, HBT)

Meinung zum vorgeschlagenen Vorgehen mit integralen Karten und Schemas:

- Das Vorgehen ist gut. Es ist ein schönes Beispiel, wie die verschiedenen «Puzzle-Steine» des MSK und anderer Methoden zusammengesetzt werden können. Gewässerorganismen sind multiplen Stressoren ausgesetzt. Für eine Erhöhung der Effizienz von Massnahmen, die den ökologischen Zustand verbessern sollen, braucht es daher aus wissenschaftlicher Sicht einen integrativen Ansatz, der die Koordination von Massnahmen im Einzugsgebiet erleichtert.

Hinweise zu möglichen Verbesserungen bzw. laufenden Arbeiten:

- Methoden aus der Multikriteriellen Entscheidungsanalyse könnten helfen, geeignete Aggregierungsmethoden und Darstellungen auszuwählen.
- Zielhierarchien helfen, sowohl die einzelnen Parameter als auch aggregierte Werte transparent darzustellen (Schuwirth N. (2020) [24]). Bei der Erarbeitung neuer MSK-Module und der Überarbeitung bestehender Module werden solche Zielhierarchien eingesetzt (z.B. für die Spurenstoffe, Makroinvertebraten). Zusätzlich wären auch Methoden für modulübergreifende Synthesen nützlich, z.B. für die Kommunikation mit der Öffentlichkeit oder das Einzugsgebietsmanagement.
- Auch für räumliche Aggregationen gibt es bedarf, um nicht nur die einzelnen Flussabschnitte zu bewerten, wie es derzeit im MSK der Fall ist, sondern ganze Einzugsgebiete. Dies kann die räumliche Priorisierung von Massnahmen erleichtern. Eine Grundlage ist z.B. die Publikation der Eawag (Kuemmerlen M. et al. (2019 [25]). N. Schuwirth arbeitet zudem derzeit an einer Methode zur Priorisierung von Sanierungen von Fischwanderhindernissen in Funktion von ihrer Lage im Gewässersystem mit (Projektleitung Peter Reichert, im Auftrag des BAFU). Ziel ist ein automatisiertes Vorgehen (GIS), dessen Ergebnisse in einem zweiten Schritt durch Fachpersonen plausibilisiert werden.
- Für die Integration der verschiedenen Daten wäre eine gemeinsame Datenbank nützlich, die auch die gemeinsame Auswertung und Visualisierung unterstützt. Ein nutzerfreundliches IT-Tool für angepasste Visualisierungen für alle Ebenen würde die Integration erleichtern. Es braucht auf hoher Flughöhe (z.B. Einzugsgebiet) eine aggregierte Gesamtsicht, auf tiefer Ebene (z.B. für die konkrete Planung einzelner Massnahmen oder eine Defizitanalyse) alle Details. Für die digitale Erhebung der Daten im Gelände sollten die Informationen auf einem Tablet nutzbar sein.

Bedarf an Empfehlungen etc.

- Es besteht Bedarf an Empfehlungen oder Wegleitungen, wie man am besten vorgeht («Blaupause» oder «Kochbuch»). Idealerweise als Konsens im Rahmen des MSK, und inklusive eines Datenmodells.
- Schon nur einheitliche Datendarstellungen (der verschiedenen Akteure) wären ein Schritt vorwärts.
- Dokumentierte Best-Practice-Beispiele braucht es immer.

6.1.6 Stefan Hasler (VSA)

Zusammenfassung des Interviews vom 18.02.2020 mit Stefan Hasler, Direktor Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA) (Interview geführt durch D. Rebsamen und H. Wehse)

Meinung zum vorgeschlagenen Vorgehen mit integralen Karten und Schemas:

- Das ist ein gutes Vorgehen. Rein sektorale Darstellungen bringen den Gewässerschutz kaum weiter.
- Die Ökomorphologie muss unbedingt mitberücksichtigt werden.
- Ein grosser Nutzen ist die Dokumentation der Gründe für Massnahmen, eine transparente Herleitung der Prioritäten. Durch Gewässersynthesen werden die Massnahmenpläne belastbarer und transparenter.
- Je nach Situation und Gebiet genügen auch sektorale Analysen. Und je nach Gebiet müssen auch nicht alle Sektoren einbezogen werden, da nicht alle wichtig sind.
- Ein Hindernis, warum solche integralen Gewässersynthesen zu wenig gemacht werden, ist die sektorale Organisation. In fast allen Kantonen sind mind. 2 Ämter beteiligt, niemand hat den Auftrag für eine Gesamtsicht. Erst beim Regierungsrat kommt alles zusammen, der ist aber zu weit weg...

Bedarf an Empfehlungen etc.

- Es besteht ein Bedarf. Solche integralen Analysen kommen immer mehr. Ein Überblick über mögliche Vorgehensweisen mit Bewertung (was eignet sich gut?) wäre hilfreich. Aber eine Standardisierung darf nicht Pflicht sein angesichts der Vielfalt der Einzugsgebiete (Grösse, Struktur, Probleme, Ziele)
- Mögliche Form: Eine Empfehlung zum Vorgehen, im Anhang dokumentierte Best-Practice-Beispiele. Eine VSA-Empfehlung wäre gut, eine noch verbindlichere Methodik im Rahmen des MSK wäre besser.
- Ein IT-Tool mit Zoomstufen wäre cool. Es braucht noch Entwicklungen wie man die Skalierungen realisieren kann. Eine sinnvolle räumliche Grösse wären die im Kanton Bern mal definierten REP-Einzugsgebiete. Er fragt sich aber, ob das genügend genutzt würde, bzw. durch wen. Idealerweise wäre das ein Tool für eine IEM-Agentur des Einzugsgebiets (die es aber nicht gibt...)

6.1.7 Olivier Chaix (Integralia AG)

Zusammenfassung des Interviews vom 30.01.2020 mit Olivier Chaix (Integralia AG) (Interview geführt durch D. Rebsamen und H. Wehse, HBT)

Meinung zum vorgeschlagenen Vorgehen mit integralen Karten und Schemas:

- Das Vorgehen ist geeignet für Kantone oder Gewässer-Einzugsgebiete, evtl. auch Wasserbauverbände. Nicht aber für Gemeinden.
- Ob sich Gewässersynthesen lohnen, hängt stark vom jeweiligen Kontext ab. Das Aufwand-Nutzen-Verhältnis variiert stark. Je höher die Bevölkerungsdichte und der Anteil Ackerfläche desto grösser ist die Wasserqualitätsproblematik und desto sinnvoller sind auch Gewässersynthesen.

Bedarf an Empfehlungen etc.

- Ja, eine Empfehlung ist sinnvoll, falls eine Standardisierung angestrebt wird. Dies ist aber nur bedingt sinnvoll, da es Einigkeit über die Ziele voraussetzt. Stattdessen könnte auch eine Ideensammlung bzw. ein Ideenkatalog sinnvoll sein (breite Auslegeordnung guter Beispiele).
 - Dokumentierte Best-Practice-Beispiele sind sinnvoll.
 - IT-Unterstützung zur Auswertung ist wichtig und hat grosses Potenzial.
-

6.2 Stellungnahmen zu den Annahmen

In den Interviews wurden Stellungnahmen zu den im Kapitel 1.2 vorgestellten Annahmen abgefragt.

1) « Aus den ganzen Daten kann man mehr machen! »

Es gibt immer mehr und immer bessere Daten. Diese Fülle an Daten könnte in vielen Fällen noch gezielter verwendet werden, um die prioritären Massnahmen zur Verbesserung des Gewässerzustands abzuleiten und deren gesamtheitliche Wirkung zu beurteilen. Heute werden diese verschiedenen Informationsquellen kaum kombiniert analysiert, wodurch das Potenzial für Zusatzkenntnisse nicht ausgeschöpft wird.

Name	Gar nicht einverstanden	Eher nicht einverstanden	Eher einverstanden	Völlig einverstanden	Bemerkung
Pius Niederhauser ZH		X			Wo dies nötig ist, werden heute die Daten analysiert und die Potenziale ausgeschöpft.
Lukas De Ventura AG				X	Es laufen entsprechende Arbeiten, für Gewässersynthesen im Monitoring.
Lukas Egloff SO				X	Ja, man könnte mehr aus den Daten herausholen. Aber schon heute hapert es eher bei der Umsetzung als bei der Identifikation weiterer Probleme...
Nele Schuwirth Eawag				X	Die Informationsquellen werden schon kombiniert analysiert, aber sicher noch nicht genug. Es ist aber auch nicht für alle Fragen nötig, denn es hat Kosten.
Stefan Hasler VSA				X	
Olivier Chaix, Integralia AG			X		Man muss das Kosten-Nutzen-Verhältnis im Blick behalten. Es braucht nicht immer Gewässersynthesen.

2) Integrale Schemas und Karten sind sehr nützlich

Aggregation und sorgfältige Synthesedarstellungen (integrale Darstellungen) sind hilfreich. Durch sie wird die Interpretation des Gewässerzustands einfacher und damit auch besser. Insbesondere können die Ursache-Wirkungs-Beziehungen einfacher untersucht werden.

Dadurch kommt man einfacher zu besseren Massnahmen, und die Kommunikation der Ergebnisse wird einfacher.

Name	Gar nicht einverstanden	Eher nicht einverstanden	Eher einverstanden	Völlig einverstanden	Bemerkung
Pius Niederhauser ZH	X				Solche Karten und Schemas überfordern leicht. Es ist besser, die sektoralen Karten nebeneinander zu legen.
Lukas De Ventura AG			X		Das ist das Ziel. Ob es funktioniert, werden wir in 2-3 Jahren sehen.
Lukas Egloff SO				X	Karten sind wichtiger als Schemas. Zu viele kombinierte Informationen sind für Laien schwer verständlich.
Nele Schuwirth Eawag				X	Für die öffentliche Kommunikation braucht es stark aggregierte Informationen. Für die Diskussion einzelner Massnahmen braucht es Detaildaten.
Stefan Hasler VSA				X	
Olivier Chaix, Integralia AG				X	Sinnvoll im Rahmen von Richt- oder Sachplänen. Eher für Fachleute, für die breite Öffentlichkeit braucht es vereinfachte Darstellungen

3) Dialog zwischen Fachleute ist und bleibt nötig. Die Interpretation ist nicht automatisierbar

Zur Interpretation und Formulierung von Massnahmen braucht es einen Dialog zwischen den Vertretern der verschiedenen Sektoren (wobei die integralen Darstellungen eine gute Grundlage bieten).

Auch in Zukunft wird es keine automatisierten Schlussfolgerungen geben, die Fachleute können nicht durch künstliche Intelligenz und Algorithmen ersetzt werden.

Name	Gar nicht einverstanden	Eher nicht einverstanden	Eher einverstanden	Völlig einverstanden	Bemerkung
Pius Niederhauser ZH				X	Durch den Austausch kommt man zu einem integralen Verständnis.
Lukas De Ventura AG				X	Darstellungen sind automatisierbar, die Interpretation nicht. Das wäre gefährlich.
Lukas Egloff SO				X	
Nele Schuwirth Eawag				X	Entscheidungsunterstützungsverfahren (Z.B. MCDA) können ebenfalls helfen.
Stefan Hasler VSA				X	Eine Automatisierung ginge schon, aber die Resultate werden durch Einbezug eines breiten Fachgremiums besser. Zusatznutzen: breite Abstützung.
Olivier Chaix, Integralia AG			X		Rein IT-gestützte Beurteilung (K.I.) ist Zukunftsmusik, aber IT-Unterstützung zur Auswertung hat grosses Potenzial.

4) Das Vorgehen des Kt. FR ist exemplarisch, um von Messdaten zu Massnahmen zu kommen

Der im Kanton FR (im Rahmen des Sachplans Wasser 2017) gewählte Ansatz ist zielführend, um aus vorliegenden Daten und Methoden eine umfassende (integrale) Beurteilung des Gewässerzustands zu gewinnen. Er kann als Modell dienen.

Name	Gar nicht einverstanden	Eher nicht einverstanden	Eher einverstanden	Völlig einverstanden	Bemerkung
Pius Niederhauser ZH		X			
Lukas De Ventura AG			X		Man muss Erfahrungen sammeln, um zu sehen, wie gut es funktioniert.
Lukas Egloff SO			X		Es muss sich aber erst noch zeigen, ob das Vorgehen für die Umsetzung hilfreich war, ob man nach den festgestellten Prioritäten handeln konnte.
Nele Schuwirth Eawag				X	
Stefan Hasler VSA				X	
Olivier Chaix, Integralia AG				X	

5) Integrale Gewässerdarstellungen sind vor allem für die Analyse der Wasserqualität nützlich

Der Hauptnutzen betrifft die Wasserqualität (Chemie und Biologie) und deren Ursachen. Morphologie und Hydrologie sind erklärende Grössen, aber Defizite und nötige Massnahmen dieser Sektoren sind meist viel einfacher zu bestimmen.

Name	Gar nicht einverstanden	Eher nicht einverstanden	Eher einverstanden	Völlig einverstanden	Bemerkung
Pius Niederhauser ZH					(Im Gespräch nicht behandelt, weil er integrale Gewässerdarstellungen insgesamt nicht nützlich findet.)
Lukas De Ventura AG		X			Auch bei der Morphologie ist es schwierig zu wissen, welche Massnahmen am effektivsten sind. Wenn wir die Gewässerqualität, insbesondere auch die Biodiversität in den Gewässern, wirklich verstehen und verbessern wollen, müssen wir Wasserqualität, Morphologie, Hydrologie, Einzugsgebiete etc. zusammen denken.
Lukas Egloff SO				X	
Nele Schuwirth Eawag		X			Für das Verständnis der Gewässerbiologie braucht es alle Parameter. Auch die Temperatur.
Stefan Hasler VSA		X	X		Die Ökomorphologie muss unbedingt mit einbezogen werden.
Olivier Chaix, Integralia AG		X			Es müssen immer alle relevanten Sektoren einbezogen werden. Unbedingt die Belastungsquellen, meist auch die Morphologie.

6) Das Vorgehen eignet sich für eine Erfolgskontrolle auf Einzugsgebietsebene

Wenn wiederholt Zustandsanalysen auf Einzugsgebietsebene durchgeführt werden, kann durch den Vergleich der Resultate eine integrale Wirkungskontrolle erfolgen. Für lokale Wirkungskontrollen einzelner Massnahmen (zum Beispiel ARA-Ausbau, Revitalisierung, Optimierung Entlastungsverhalten von Regenbecken) braucht es andere (spezifischere) Werkzeuge bzw. lokale Untersuchung.

Name	Gar nicht einverstanden	Eher nicht einverstanden	Eher einverstanden	Völlig einverstanden	Bemerkung
Pius Niederhauser ZH				X	
Lukas De Ventura AG				X	Ob die Gewässerschemas dafür das richtige Vehikel sind, wird sich zeigen, aber es ist mal ein guter Ansatz. Auch lokale Erfolge sollten in der Übersicht sichtbar werden.
Lukas Egloff SO				X	Es stellt sich aber die Frage, ob sich die Verhältnisse schnell genug ändern, dass man auf hoher Ebene etwas sieht.
Nele Schuwirth Eawag				X	Man will einerseits lernen, was lokal funktioniert hat. Aber auch auf hoher Flughöhe, anhand von aggregierten Daten wie sich eine neue Politik auswirkt (z.B. ob der Aktionsplan Pflanzenschutzmittel etwas bewirkt hat).
Stefan Hasler VSA		X			Eine Erfolgskontrolle auf hoher Ebene ist schwierig, häufig ändert sich z.B. in 6 Jahren nicht genug, als dass hochaggregierte Interpretationen es zeigen würden. Auf sektoraler Ebene (z.B. Chemiemessung unterhalb einer ARA) sieht man mehr.
Olivier Chaix, Integralia AG			X		Wenn die Gesamtsynthese periodisch wiederholt wird, ist dies eine Erfolgskontrolle auf sehr hoher Flughöhe. Aber Erfolgskontrollen erfolgen typischerweise sektoral.

7 Fazit und Ausblick

7.1 Beantwortung der Projektfragen und weitere Empfehlungen

Welche Synthesedarstellungen der Gewässerqualität gibt es?

Kartographische Darstellungen werden in praktisch allen Untersuchungsberichten und Publikationen zum Thema Gewässerqualität eingesetzt. Die Kombination von sektoralen und integralen Darstellungen hat sich dabei bewährt. Die verwendeten Darstellungen unterscheiden sich stark und sind projektspezifisch auf das Zielpublikum, den Untersuchungssperimeter und den Datenumfang abgestimmt. Meist werden Messdaten und Simulationsergebnisse dargestellt.

Die im Zusammenhang mit der Gewässerqualität eingesetzten Karten können in vier Typen unterteilt werden: ① Sektorale Karten, ② Sektorübergreifende integrale Karten, ③ Sektorale Synthesekarten der Interpretationen, ④ Sektorübergreifende integrale Synthesekarten der Interpretationen. Die Typen ②, ③ und ④ werden häufig als Synthesedarstellungen bezeichnet, diese Kartentypen werden bisher eher selten eingesetzt. Auch Syntheseschemata (Typ ⑤) werden bisher nur selten eingesetzt.

Die den Autoren bekannten und im Rahmen des vorliegenden Projekts angetroffenen Gewässerkarten und Schemata wurden zusammengestellt (siehe Beilage). Diese Sammlung kann für zukünftige Projekte als Inspirationsquelle dienen. Es wird empfohlen, sie noch zu ergänzen, zu kommentieren und zu erweitern. Auch eine Dokumentation von Best-Practice-Beispielen wäre interessant und sinnvoll.

Wie wird der Nutzen von Synthesedarstellungen der Gewässerqualität eingeschätzt?

Es besteht Konsens, dass es eine sektorübergreifende, integrale Synthese des Gewässerzustands braucht, um die Prioritäten richtig zu setzen und die «besten» Massnahmen zu identifizieren. Ob dafür Synthesedarstellungen hilfreich sind, wird unterschiedlich beurteilt. Die meisten befragten Akteure halten sie (in vielen aber nicht allen Fällen) für sehr nützlich. Einzelne Kantonsvertreter arbeiten lieber mit nebeneinanderliegenden sektoralen Karten und Schemata und halten Synthesedarstellungen und -Karten für verwirrend.

Die Autoren des vorliegenden Berichts denken, dass Potenzial für einen vermehrten Einsatz sektorübergreifender Synthesedarstellungen besteht, und empfehlen solche insbesondere in Situationen mit komplexen Wirkungsgefügen wie z.B. im Bereich der Wasserqualität (Chemie und Biologie).

Alle befragten Personen halten eine Sammlung von bestehenden Gewässerkarten und -Schemata und/oder dokumentierte Best-Practice-Beispiele für interessant und sinnvoll. Eine erste Zusammenstellung findet sich in der Beilage. Diese könnte erweitert werden, eventuell auch mit einer Dokumentation von «Best-practice-Beispielen».

Besteht Bedarf nach Empfehlungen für Synthesedarstellungen?

Eine Empfehlung zum Einsatz von integralen Darstellungen sollte zu einer Vereinheitlichung von Vorgehen und Darstellungen führen. Manche halten dies für sehr erstrebenswert, andere halten Vereinheitlichungen angesichts der Vielfalt von Einzugsgebieten, Problemstellungen und Akteuren für nicht sinnvoll. Angesichts dessen schlagen wir vor, eher in kurzfristig realisierbare Produkte zu investieren, insbesondere in die Dokumentation von guten bestehenden Projekten sowie in IT-Tools.

Verschiedene IT-Tools (insbesondere GIS und Datenbanken) können bei der Darstellung der Ergebnisse zum Einsatz kommen. Wir halten eine gezielte Weiterentwicklung für sinnvoll und empfehlen weitere Schritte in diese Richtung auszulösen. In einem nächsten Schritt könnte ein einfaches IT-Tool konzipiert werden, welches die Erarbeitung von Synthesedarstellungen vereinfacht und das intuitiv bedienbar sein müsste.



7.2 Ausblick

Allfällige Folgearbeiten

Zu Beginn des Projekts wurden allfällige Folgearbeiten skizziert, deren Umsetzung bisher aber nicht beschlossen wurde.

	Zu Projektbeginn skizzierte Folgearbeiten	Bemerkungen und Empfehlungen der Autoren des vorliegenden Berichts
1	Pilotprojekt(e) erarbeiten, und die Empfehlungen umsetzen und testen	Der Kanton Aargau testet zurzeit den Einsatz von Synthesegewässerschemas im Rahmen des Monitorings der Gewässerqualität. Eine Erarbeitung weiterer (Pilot-) Projekte wären interessant.
2	Gute bestehende Projekte dokumentieren («Best Practice»)	Die Dokumentation von guten Projekten («Best Practice») halten wir für sinnvoll. Mit der Empfehlung zum Vorgehen in Kapitel 3 und den exemplarischen Darstellungen in der Beilage können «Kandidaten» für interessante Projekte gefunden werden.
3	Die Sammlung und Klassierung von Gewässerkarten und -Schemas ausbauen	Der Ausbau der Beilage ist möglich. Es könnte auch in der gleichen Publikation wie die Best-Practice-Beispielen erfolgen.
4	Eine Empfehlung für das gewählte Vorgehen erarbeiten	Dieser Vorschlag wurde von den befragten Personen sehr unterschiedlich beurteilt. Angesichts dessen schlagen wir vor, eher in kurzfristiger realisierbare Produkte zu investieren, insbesondere in die Dokumentation von guten bestehenden Projekten (Punkt 2 und 3) sowie in IT-Tools (Punkt 5).
5	Die Erstellung von Synthesekarten und Schemas teilweise automatisieren, mit Hilfe von GIS	Wir sehen hier ein Potenzial und empfehlen, diesen Ansatz weiterzuentwickeln. In verschiedenen Kantonen werden solche Ansätze diskutiert. Eine Umsetzung durch einzelne Kantone in den Jahren 2023 – 2024 erscheint realistisch. Es bestehen auch Möglichkeiten für den VSA: er könnte die Entwicklung einer Web-GIS Lösung unterstützen, die dann von weiteren Kantonen eingesetzt werden könnte. Eine Web-GIS – Anwendung bietet gegenüber klassischen Kartenlayouts (statisch auf Papier, .pdf) den grossen Vorteil, dass auch «Nicht-GIS-Expert*innen» rasch zwischen Detailansicht und Übersicht wechseln zu können um situativ Themen (Layer) zu kombinieren. Mit einem standardisierten Datenmodell und intelligenten Darstellungen auf verschiedenen Zoom-Niveaus könnten Synthesen erleichtert und der Aufwand für die Aufbereitung und Nachführung vermindert werden. Dies gilt sowohl für Karten als auch für schematische Darstellungen.
6	Artikel im Aqua&Gas veröffentlichen	Das ist zu überlegen. Wenn weitere Folgearbeiten beschlossen werden, wird es empfohlen.

8 Literaturverzeichnis

- [1] Borja Á. et al. (2005): The European Water Framework Directive and the DPSIR, a methodological approach to assess the risk of failing to achieve good ecological status. Available online at www.sciencedirect.com
 - [2] Kristensen P. (2004): The DPSIR Framework. National Environmental Research Institute, Denmark
 - [3] Nathalie Lalande, Flavie Cernesson, Aurélie Decherf, Marie-George Tournoud (2014) : Implementing the DPSIR framework to link water quality of rivers to land use: methodological issues and preliminary field test. International Journal of River Basin Management, Taylor
 - [4] Sirak Robele Gari et al. (2018): A DPSIR-analysis of water uses and related water quality issues in the Colombian Alto and Medio Dagua Community Council
 - [5] Wasser und Gewässer Gesamtbericht 2018, Kanton Zürich, Baudirektion, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft
 - [6] Topographische Einzugsgebiete Schweizer Gewässer, Identifikator 135.4 (Modelldokumentation, Bundesamt für Umwelt.
<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/zustand/karten/gedoatenmodelle.html>
 - [7] BAFU (Hrsg.) 2012: Einzugsgebietsmanagement. Anleitung für die Praxis zur integralen Bewirtschaftung des Wassers in der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1204
 - [8] Leitbild Fliessgewässer Schweiz, BUWAL/BWG 2003
 - [9] REP Birs, BG Ingenieure und Berater und Hintermann&Weber AG, 2006
 - [10] VSA CC Gewässer (Okt. 2018). Entwickelt durch Irene Wittmer (Plattform Wasserqualität) und Heiko Wehse (Hunziker Betatech AG). Vorgestellt anlässlich des VSA-Fortbildungskurs 2019 in Kandersteg.
 - [11] Empfehlungen. Begriffsbildung zur Erfolgskontrolle im Natur- und Landschaftsschutz (1999). Hrsg. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)
 - [12] Wirkungskontrolle Revitalisierung. Gemeinsam lernen für die Zukunft. Version vom 31.01.2022, Hrsg. Bundesamt für Umwelt BAFU
 - [13] Woolsey, S., C. Weber, T. Gonser, E. Hoehn, M. Hostmann, B. Junker, C. Roulier, S. Schweizer, S. Tiegs, K. Tockner & A. Peter. 2005. Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fliessgewässerrevitalisierungen. Publikation des Rhone-Thur Projektes. Eawag, WSL, LCH-EPFL, VAW-ETHZ. 112 pp
 - [14] Plan sectoriel cantonal eaux superficielles (2017), Hrsg: Service de l'environnement Sen, État de Fribourg
 - [15] Gewässerkompass Hunziker Betatech AG : Broschüre verlinkt auf <https://www.hunziker-betatech.ch/de/dienstleistungen/gewaesser/wasserstrategien/>
 - [16] Div. Publikationen der Wasser-Agenda 21 zum Thema Einzugsgebietsmanagement. Übersicht unter: <https://wa21.ch/#> (Einzugsgebietsmanagement, IWAGO)
 - [17] Abwasserbewirtschaftung bei Regenwetter (2019). Hrsg. Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachstelle (VSA)
 - [18] Fliessgewässermonitoring Aargau im Wandel, Präsentation Arno Stöckli, Abteilung für Umwelt, Kanton Aargau in Cercl'eau 2011
 - [19] Baumann Peter, Langhans Simone D. 2010: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Synthese der Beurteilungen auf Stufe F (flächendeckend). ENTWURF. Hrsg. BAFU
 - [20] Wasserstrategie Kanton Bern. Grundlagenbericht zum Massnahmenprogramm 2017 – 2022. Teilbereich Wasserversorgung, AWA Amt für Wasser und Abfall, Juni 2017
 - [21] Biologische Untersuchung der Mittelland-Reuss, Kleinen Emme und Unteren Lorze. Gewässerschutzfachstellen der Kantone Aargau, Luzern, Zug und Zürich. Kurzbericht 2013
 - [22] De source sûre. La qualité des cours d'eau vaudois, Direction Générale de l'Environnement (DGE), DIREV – Protection des Eaux, État janvier 2016
 - [23] Plan directeur des eaux (PDE) de la Birse. Image directrice et potentiel d'amélioration, Hunziker Betatech, 13.12.2018
-



- [24] Schuwirth N. (2020): Towards an integrated surface water quality assessment: Aggregation over multiple pollutants and time. Publiziert in Water Research, Volume 186, 1. Nov. 2020
- [25] Kuemmerlen, M., Reichert, P., Siber, R., & Schuwirth, N. (2019). Ecological assessment of river networks: from reach to catchment scale. Science of the Total Environment, 650
- [26] <https://www.datalakes-eawag.ch/>

Weitere Quellen und Referenzen: siehe Beilage

Bern, 30. Januar 2023
reb/whs

HUNZIKER **BETATECH**

Hunziker Betatech AG
Jubiläumsstrasse 93
3005 Bern

