

IDRAIM – ein neuer Ansatz zur morphologischen Zustandserhebung und Maßnahmendefinition, aufgezeigt anhand einer Fallstudie an Südtiroler Fließgewässern

Matteo Paternolli, Corrado Lucarelli, Walter Gostner und Robert Schifferegger

Zusammenfassung

Der ökologische Zustand von Fließgewässern ist in vielen Fällen unzureichend. Die EU hat dieser Tatsache Rechnung getragen und in der Wasserrahmenrichtlinie unter anderem den guten hydromorphologischen Zustand als Ziel definiert. In Italien hat das nationale Institut für den Schutz und die Erforschung der Umwelt (ISPRA) unter dem Akronym IDRAIM eine Methode entwickelt, welche die Analyse des hydromorphologischen Zustandes der Fließgewässer erlaubt (Rinaldi et al., 2014). Dieses Instrument dient als Unterstützung für eine integrale Planung von hydromorphologischen Sanierungsmaßnahmen an Fließgewässern. Eines der wichtigsten Teilmodule stellt dabei der Index für die morphologische Qualität (IQM) dar. Die Autonome Provinz Bozen hat eine Studie zur Erhebung des IQM mit der dazugehörigen Defizitanalyse an insgesamt 420 km Flusslänge in Auftrag gegeben. Dabei wurden Oberläufe in relativ unberührten Systemen als auch Talflüsse in anthropogen stark beeinflussten Abschnitten untersucht. Es konnte festgestellt werden, dass ca. die Hälfte der untersuchten Abschnitte einen guten bis ausgezeichneten morphologischen Zustand aufweist. Die restlichen Abschnitte sind von einer schlechten bis mittleren Qualität gekennzeichnet.

Für die Abschnitte mit nicht befriedigender Qualität wurde daraufhin eine Ursachenanalyse durchgeführt, um die Gründe für die Beeinträchtigung zu erkennen. Als wichtigste Einflussfaktoren für die morphologische Qualität wurden Schutzwasserbauten, große Stauanlagen zur Wasserkraftnutzung, verschiedene Verkehrsinfrastrukturen und spärlich vorhandene Ufervegetation festgestellt. Für diese Abschnitte wurde ein Maßnahmenkatalog mit morphologischen Verbesserungsmaßnahmen ausgearbeitet. Die vorgeschlagenen Maßnahmentypen bestehen im Wesentlichen in der Anpassung der Betriebsmodalitäten der Wasserkraftwerke, in der Geschiebezugabe unterstrom der großen Stauanlagen, im Rückbau von nachweislich nicht mehr benötigten Wasserschutzbauten und in der Verbreiterung der aktiven Bach- und Flussbetten.

1 Einführung

Die fluvialen Ökosysteme sind Hotspots der ökologischen und biologischen Diversität (Allan & Castillo, 2007). Nichtsdestotrotz hat der gesellschaftspolitische Druck zu einer kontinuierlichen Degradierung und damit einhergehend zu einem stetigen Verlust an Biodiversität in den Fließgewässern geführt. Unter anderem verursachen die intensiven Nutzungen der Wasserressourcen, die Änderung der Raumnutzung mit ständiger Intensivierung der Landwirtschaft und der klassische Schutzwasserbau schwerwiegende Auswirkungen auf die Fließgewässerlebensräume (Malmqvist & Rundle 2002, Jungwirth et al. 2003, Vörösmarty et al. 2010, Gostner et al. 2013). Die Europäische Union hat in den vergangenen Jahren eine bahnbrechende Kehrtwende im Umgang mit Fließgewässern eingeläutet. Einerseits sieht die Hochwasserschutzrichtlinie 2007/60/CE (European Commission, 2007) die Ausarbeitung von Flussgebietsplänen unter Berücksichtigung des von den Fließgewässern benötigten Raums vor. Andererseits kommt den Mitgliedsstaaten aufgrund der Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/CE

(European Commission, 2007) die Aufgabe zu, die Oberflächengewässer zu schützen, zu verbessern und aufzuwerten, um den guten ökologischen Zustand zu erreichen.

Vor diesem Hintergrund werden laufend neue Ansätze und Methoden im Bereich der Hydromorphologie und der fluvialen Geomorphologie entwickelt. Diese verfolgen mehrfache Ziele, und zwar den hydromorphologischen Zustand zu analysieren, die Fließgewässer zielgerichtet zu revitalisieren und die Hochwassergefährdung vermindern zu können (Rinaldi et al., 2014). Das italienische nationale Institut für den Schutz und die Erforschung der Umwelt (ISPRA) hat unter dem Akronym IDRAIM eine Methode zur Bewertung, Analyse und Kontrolle des hydromorphologischen Zustandes entwickelt. Dieses Instrument dient als Entscheidungshilfe im Management der Fließgewässer und der darin ablaufenden geomorphologischen Prozesse, vor allem im Rahmen der integrierten Planung von flussbaulichen Maßnahmen, wie dies auch von den genannten europäischen Richtlinien vorgesehen ist. Der Index der morphologischen Qualität (IQM) stellt einen wesentlichen Baustein der IDRAIM-Methode dar.

Die Autonome Provinz Bozen / Südtirol beabsichtigt an einigen durch die hydroelektrische Nutzung beeinflussten Fließgewässern Revitalisierungsmaßnahmen durchzuführen. Zu diesem Zweck hat sie die im vorliegenden Artikel beschriebene Studie in Auftrag gegeben. Dabei wurden unterstrom der Stauanlagen liegende Fließgewässer hinsichtlich ihres hydromorphologischen Zustandes untersucht und Maßnahmenpakete zur morphologischen Verbesserung ausgearbeitet.

2 Methodik

2.1 Das Untersuchungsgebiet

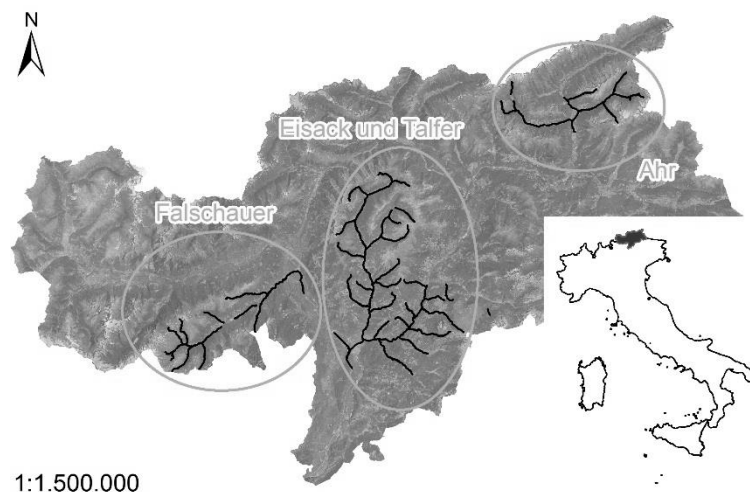


Abb. 1 Lage der untersuchten Fließgewässer

Das Projekt sah eine umfangreiche Analyse von alpinen Fließgewässern in der Autonomen Provinz Bozen vor. Insgesamt wurde eine Länge von 420 km Fließgewässer analysiert (in Abb. 1 eingekreist).

Aus morphologischer Sicht handelt es sich um Fließgewässer unterschiedlichsten Typs. Das Spektrum reicht von Quellbächen unmittelbar nach deren Ursprung bis hin zu den großen Talflüssen wie Etsch und Eisack. Selbstredend ist auch der landschaftliche Kontext, in welchen die untersuchten Gewässer eingebettet sind, sehr vielfältig; er spannt den Bogen von hochalpinen Tälern mit spärlicher Besiedlung bis hin zu Gebieten mit sehr intensiver anthropogener

Prägung. Dementsprechend variiert auch der Verbauungsgrad der Gewässer von nahezu unverbauten Abschnitten bis hin zu Abschnitten mit intensiver Quer- und Längsverbauung (Abb. 2). Oberstrom der Untersuchungsabschnitte befinden sich für die Wasserkraftnutzung errichtete Stauanlagen mit einem Nutzinhalt von bis zu 33 Mio. m³. Letztere üben einen erheblichen Einfluss auf die Wasserführung und den Geschiebehaushalt der untersuchten Fließgewässer aus.



Abb. 2 Beispiele der untersuchten Fließgewässer (oben) und von Querbauwerken (unten)

2.2 Der Index der morphologischen Qualität (IQM)

Die Bestimmung des IQM (Rinaldi et al. 2014) basiert auf einem multimetrischen Ansatz und besteht in einer gutachterlichen Bewertung von insgesamt 28 Indikatoren. Diese Indikatoren bewerten den aktuellen Zustand eines Fließgewässers im Vergleich zu seinem Referenzzustand. Dabei werden drei Hauptkategorien untersucht:

- Geomorphologische Funktionalität (13 Indikatoren, wie z.B. Breite Ufergürtel, Variabilität der Querprofile, Totholzvorkommen, Struktur Sohlsubstrat);
- Verbauungsgrad bzw. menschliche Beeinflussung des hydrologischen Regimes und des Wasserhaushaltes (12 Indikatoren, wie z.B. Uferschutzbauten, die Geschiebeführung unterbrechende Bauten, Sohlkonsolidierungsmaßnahmen);
- Morphologische Änderungen (3 Indikatoren, wie z.B. Änderung von Breite und Höhe der Querprofilgeometrien).

Jedem Indikator wird eine der folgenden Einstufungen zugewiesen:

- A: unverändert oder schwach beeinflusst;

- B: durchschnittlich beeinflusst;
- C: stark beeinflusst.

Die Ermittlung des IQM erfolgt abschnittsweise (*reach scale*), wobei zu Beginn der Untersuchung eine Unterteilung in hydromorphologisch homogene Abschnitte erfolgt. Je nach Fließgewässertypologie kommen alle 28 Indikatoren zur Anwendung oder nur ein Teil davon.

Die Vorgehensweise besteht in einer Kombination von GIS-Analysen, Luftbildauswertung und Felderhebungen. Jeder Indikator erhält gemäß seiner Einstufung in die Klasse A, B oder C eine Punktzahl, wobei die Zahl Null dem besten und die höchste Punktzahl dem schlechtesten Zustand entspricht. Je nach Relevanz des Indikators variieren die höchsten Punktzahlen.

Schlussendlich werden die Punkte jedes Indikators summiert und das Verhältnis zwischen erreichter Punktzahl S_{tot} mit der maximal möglichen Punktzahl S_{max} errechnet.

$$IAM = S_{tot} / S_{max} \quad [1]$$

Dieses Verhältnis IAM beschreibt die morphologische Alteration und spiegelt somit die Abweichung vom Referenzzustand wieder. Der IQM wiederum bildet das Komplement zum IAM und errechnet sich mittels

$$IQM = 1 - IAM \quad [2]$$

Der IQM reicht somit von 0 (komplett naturferner Gerinneabschnitt) bis 1 (Referenzzustand), wobei daraus 5 verbal beschriebene Klassen abgeleitet werden (Tab. 1).

Tab. 1 Klassen der morphologischen Qualität für den IQM (Rinaldi et al. 2014)

IQM	QUALITÄTSKLASSE
$0.0 \leq IQM < 0.3$	<i>Schlecht</i>
$0.3 \leq IQM < 0.5$	<i>Mangelhaft</i>
$0.5 \leq IQM < 0.7$	<i>Mäßig oder Genügend</i>
$0.7 \leq IQM < 0.85$	<i>Gut</i>
$0.85 \leq IQM < 1.0$	<i>Ausgezeichnet</i>

2.3 Datengrundlage

Verschiedenste verfügbare Datengrundlagen wurden verwendet, so z.B.:

- Karte der Bodennutzung;
- Geologische Karte (1:50.000);
- Abflussdaten der untersuchten Fließgewässer und Niederschlagsdaten der betroffenen Einzugsgebiete;
- Daten zu Konzessionen für Wasserableitungen zur Stromerzeugung, zur Bewässerung, zur Beschneidung und für Trinkwasserzwecke;
- Digitales Geländemodell;
- Georeferenzierte Orthofotos verschiedener Jahre (1954, 1982, 2000, 2011);
- Schutzbautenkataster des Amtes für Wasserschutzbauten der Autonomen Provinz Bozen;
- Ereignisdokumentationen und Dokumentationen durchgeführter baulicher Maßnahmen;

- Vektordaten der Straßen- und Eisenbahninfrastruktur der Autonomen Provinz Bozen

2.4 GIS-Analyse und Bewertung von Luftbildern

Der erste Analyseschritt wurde in einer GIS-Umgebung durchgeführt. Aufgrund dieser Analyse können verschiedene Indikatoren bewertet werden, wie z.B.

- die Breite und Kontinuität des Ufergürtels;
- bestehende Kunstbauten (Wasserentnahmestellen, Längs- und Querverbauungen, Brücken, usw.);
- menschliche Aktivitäten (z.B. Geschiebeentnahmen, Uferpflege, Maßnahmen zur Revitalisierung, usw.);

Der Vergleich jüngerer mit älteren Aufnahmen hingegen erlaubt es, die Veränderungen der Fließgewässerabschnitte in der Lage und bezüglich deren Ausdehnung zu beurteilen (Abb. 3). Schließlich können auch jene Indikatoren eruiert werden, deren Bewertung einer vertieften Analyse im Feld bedarf.

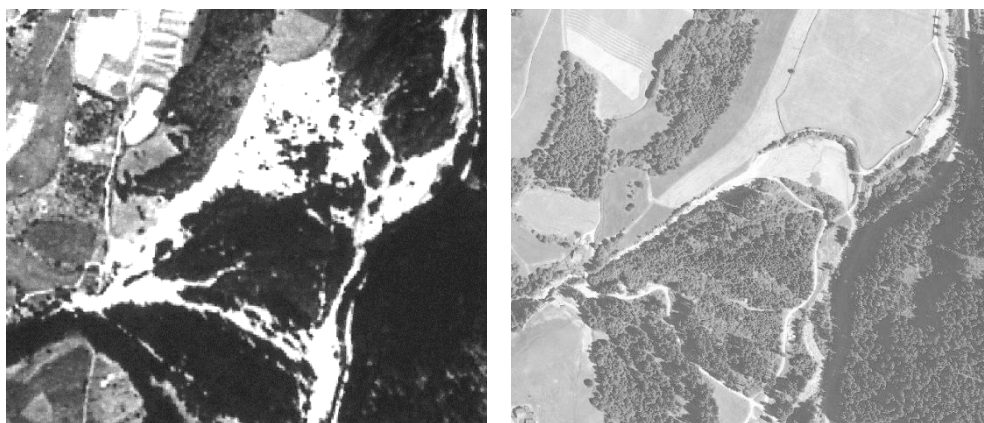


Abb. 3 Luftbild des Unterlaufs des Sagbaches 1954 (links) und heute (rechts)

2.5 Feldarbeiten



Abb. 4 Fotos mit Darstellung von Beispielen, wo eine Luftbildauswertung unzureichend ist. Links: hochalpiner Gebirgsbach. Rechts. Kolmation der Fließgewässersohle

Die Felderhebungen dienen dazu, bei der GIS-Analyse entstandene Zweifel auszuräumen und nur im Feld erkennbare Indikatoren direkt vor Ort zu analysieren. Zum Beispiel war es notwendig, die potenziellen Ufererosionsbereiche, die Variabilität der Fließgewässer hinsicht-

lich der Querprofilgeometrie, die Beeinträchtigung des Sohlsubstrats (Kolmation oder Abpflasterung) sowie das Totholzvorkommen zu analysieren (Abb. 4). Vor allem bei kleineren Fließgewässern ist die Durchführung von Felderhebungen unabdingbare Voraussetzung, um schlüssige Ergebnisse zu erhalten.

2.6 Defizitanalyse

Nach Ermittlung des IQM für die einzelnen Gerinneabschnitte wurde eine Defizitanalyse überall dort durchgeführt, wo der IQM Werte $< 0,7$ erreicht. In diesen Fällen wurden die einzelnen Indikatoren genauer untersucht, um jene Ursachen feststellen zu können, welche für eine unzureichende morphologische Qualität verantwortlich sind.

2.7 Ausarbeitung von morphologischen Verbesserungsmaßnahmen

Tab. 2 Hauptkategorien möglicher Maßnahmen zur Aufwertung der morphologischen Qualität

Kodex	Beschreibung
A	Änderung der Betriebsmodalitäten der Wasserkraftwerke
B	Rückbau oder strukturelle Änderung von Staudämmen
C	Rückbau oder strukturelle Änderung von Brücken oder Furten
D	Rückbau oder strukturelle Anpassung von Uferschutzbauten (mit eventueller Flussaufweitung)
E	Rückbau oder Versetzung der Uferdeiche
F	Wiederherstellung der ursprünglichen Trasse (mit eventueller Öffnung von Seitenarmen)
G	Rückbau oder strukturelle Anpassung von Konsolidierungsbauwerken oder die Sohle beeinflussende Schutzbauten
H	Geschiebebezugaben (aus Hängen, Terrassierungen, Staubereichen, Bachbettmobilisierungen)
I	Diffuse Erhöhung der Sohlenrauigkeit mithilfe morphologischer Diversifizierung, Einbringung von Störsteinen oder Wildholz
L	Wiederaufforstung des Überflutungsraumes
M	Wiederherstellung des natürlichen Überflutungsraumes durch Abtragung der bestehenden fluvialen Terrassen
N	Realisierung von Querbauwerken für den Geschieberückhalt und eine Aufhöhung der Bachsohle
O	Rückbau oder Verlegung von künstlichen Bauwerken außerhalb des Gewässerbereiches
P	Wiederherstellung und/oder Reaktivierung von typischen morphologischen Formen

Der abschließende Teil der Arbeit bestand darin, wiederum für Abschnitte mit einem IQM $< 0,7$ einen Maßnahmenkatalog zur Verbesserung des morphologischen Zustandes auszuarbeiten. Zu diesem Zweck wurden Hauptkategorien von Verbesserungsmaßnahmen definiert (Tab. 2). Für jede dieser Kategorien wurden die voraussichtlichen Auswirkungen auf die verschiedenen Indikatoren des IQM und in weiterer Folge auf den morphologischen Zustand abgeschätzt. Die vorgeschlagenen Maßnahmen umfassen ein weites Spektrum, welches die Anpassungen der Betriebsmodalitäten der Wasserkraftwerke, den Rückbau von Wasserschutzbauten oder die

morphologische Aufwertung durch strukturverbessernde Maßnahmen betreffen. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Maßnahmen technisch machbar sind und von den verschiedenen Interessensträgern möglichst mitgetragen werden.

3 Ergebnisse

3.1 Morphologische Qualität der untersuchten Fließgewässer

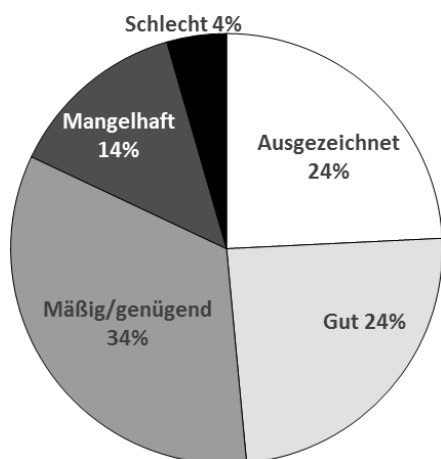


Abb. 5 Morphologische Qualitätsklassen für die Untersuchungsabschnitte (nach Länge)

Insgesamt wurden 246 homogene Abschnitte mit einer durchschnittlichen Länge von 1,695 km definiert ($\mu \pm \sigma = 1,695 \pm 1,071$). Von den untersuchten 420 km wies etwa die Hälfte eine gute oder ausgezeichnete morphologische Qualität auf (Abb. 5). Ein Drittel der Untersuchungsabschnitte ist einer mäßigen bzw. genügenden Qualität zuzuweisen, während bei 14 % der Länge eine mangelhafte und bei 4 % eine schlechte Qualität vorhanden war. Aus einer Korrelationsanalyse zwischen der morphologischen Qualität und der geographischen Region kam klar zum Vorschein, dass sich die Abschnitte mit guter oder ausgezeichneter Qualität hauptsächlich im Oberlauf der Fließgewässer wiederfinden, wo der anthropogene Einfluss kaum oder gar nicht vorhanden ist. Die morphologische Qualität verschlechtert sich mit steigendem Urbanisierungsgrad. Bis auf wenige Ausnahmen war der schlechteste morphologische Zustand an den großen Talflüssen vorzufinden (Etsch, Eisack, Talfer, Ahr).

3.2 Defizitanalyse

Folgende Ursachen wurden als wichtigste Faktoren für eine unzureichende morphologische Qualität festgestellt:

- Große Talsperren: Diese beeinflussen die Kontinuität der Wasser- und Geschiebeführung;
- Querbauwerke (Rückhaltesperren, Konsolidierungssperren und Sohlschwellen): Einerseits unterbrechen diese die Geschiebedurchgängigkeit, andererseits reduzieren sie die Strukturvielfalt und verhindern die Entwicklung morphologischer, dem Referenzzustand entsprechender Vorgänge;
- Längsbauwerke (Uferschutzbauten, Deiche): Diese trennen ursprünglich vorhandene Überflutungsräume vom Fließgewässer, verhindern natürliche Ufererosionsprozesse und reduzieren die Variabilität der Querprofilgeometrie;

- Verkehrsinfrastrukturen entlang der Fließgewässer: Diese unterbinden die Konnektivität der Fließgewässer mit den seitlichen Talflanken und reduzieren somit den potenziellen Geschiebe- und Totholzeintrag;
- Praktiken bei der Pflege der Ufervegetation: Dadurch können die Ausdehnung und Pufferfunktion des Uferstreifens reduziert werden.

Es ist zu festzustellen, dass der größte Teil der Defizite direkt mit den vom Menschen ausgehenden Nutzungsformen zusammenhängt. Große Stauanlagen oder Verkehrsinfrastrukturen, zu deren Stabilisierung in engen V-Tälern zahlreiche Schutzbauten gegen Seiten- und Tiefenerosion erforderlich sind, können die morphologische Funktionalität von Fließgewässern sehr stark einschränken. In einem Spinnendiagramm wurden für jeden analysierten Abschnitt die wichtigsten Einflussfaktoren graphisch dargestellt (Abb. 6).

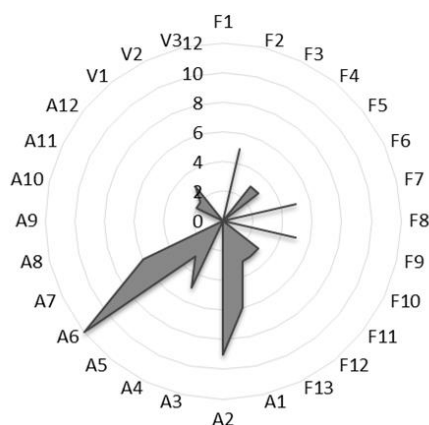


Abb. 6 Spinnendiagramm mit Analyse jedes den IQM beeinflussenden Indikators (Indikatoren „F“ für die morphologische Funktionalität, „A“ für den Verbauungsgrad und „V“ für die morphologische Variation)

3.3 Morphologische Verbesserungsmaßnahmen

Ausgehend von der Defizitanalyse wurden für jeden Abschnitt verschiedene Maßnahmen zur Verbesserung der morphologischen Qualität vorgeschlagen mit dem Ziel, mindestens die gute morphologische Qualität ($IQM > 0,7$) zu erreichen. Die Wirksamkeit der vorgeschlagenen Maßnahmen wurde mittels einer Abschätzung der Änderung der betroffenen Indikatoren quantifiziert. Im Wesentlichen konzentrierten sich die Vorschläge auf folgende Maßnahmengruppen:

- die Strukturvielfalt fördernde Umgestaltung der vorhandenen Schutzbauten;
- Wiederaufforstung gerinnenaher Bereiche;
- Geschiebezugaben unterstrom von großen Stauanlagen;
- Erzeugung von künstlichen Hochwasserwellen mit bettbildenden Abflüssen durch die Ablassorgane der großen Stauanlagen.

Diese Maßnahmen können von Fall zu Fall in signifikantem Maße dazu beitragen, wieder eine gute morphologische Qualität herzustellen. In einigen Fällen wurden weitere Maßnahmen vorgeschlagen, wie zum Beispiel die Wiederherstellung der ursprünglichen Linienführung des Gewässers oder die Erhöhung der Strukturvielfalt durch das Platzieren von Störsteinen bzw. den Rückbau von Bachquerungen wie Brücken. Für alle Maßnahmen wurde eine grobe Schätzung der Kosten durchgeführt. Alle Vorschläge wurden in einem Katalog zusammenge-

führt. Dieser wird den Behörden in den nächsten Jahren als Entscheidungsgrundlage für die Planung von Initiativen zur Fließgewässerrevitalisierung dienen.

Bei der Bewertung der möglichen Maßnahmen wurden nur jene berücksichtigt, welche effektiv auch machbar sind. Aufgrund wirtschaftlicher oder schutzwasserbaulicher Gründe nicht umsetzbare Maßnahmen wurden nicht in den Katalog aufgenommen. Aus diesem Grund muss man auch zur Kenntnis nehmen, dass in stark urbanisierten Bereichen eine Wiederherstellung eines guten morphologischen Zustandes nicht möglich sein wird.

Abb. 7 zeigt ein Beispiel, wie die Verbesserung des morphologischen Zustandes abgeschätzt wurde. Auf der x-Achse sind die einzelnen Indikatoren dargestellt („F“ für die Indikatoren der morphologischen Funktionalität, „A“ für den Verbauungsgrad und „V“ für die morphologische Variation). Für jeden zu bewertenden Indikator ist die zugewiesene Punktezahl ersichtlich. Die nicht eingefärbten Balken zeigen die erreichte Punkteanzahl an. Hell eingefärbte Balken stellen dar, welche Indikatoren bis zu welchem Ausmaß durch geeignete Maßnahmen verbessert werden können. Dunkel eingefärbt hingegen sind jene Indikatoren, bei welchen keine Maßnahmen möglich sind.

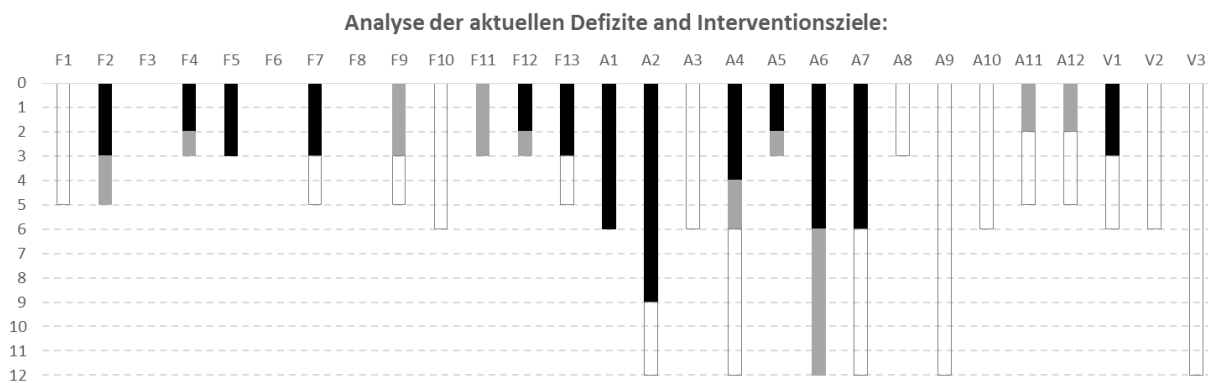


Abb. 7 Beispiel der Abschätzung der Verbesserung des morphologischen Zustandes für eine vorgeschlagene Maßnahme

4 Schlussbemerkung

Im vorliegenden Artikel ist die Anwendung des IQM an mehreren Fließgewässern der Autonomen Provinz Bozen / Südtirol aufgezeigt worden. Der IQM ist eine multimetrische Methode, welche es erlaubt, mit einem überschaubaren Aufwand den morphologischen Zustand eines Fließgewässerabschnitts mittels der Kombination von GIS-Analysen, Luftbildauswertung und Felderhebungen zu bewerten. Eine graphische Darstellung der verschiedenen bewerteten Indikatoren erlaubt es, Ursachen für einen eventuell unbefriedigenden morphologischen Zustand rasch zu erkennen.

Die Analyse der untersuchten Fließgewässer hat gezeigt, dass ca. die Hälfte der untersuchten 420 km Fließgewässerslänge einen guten oder ausgezeichneten morphologischen Zustand aufweist, während für die andere Hälfte Handlungsbedarf gegeben ist.

Ein Maßnahmenkatalog listet verschiedene technisch machbare Vorschläge auf. Die zuständigen Behörden verfügen somit über eine für die nächsten Jahre richtungsweisende Entscheidungsgrundlage. Durch deren Umsetzung sollte es möglich sein, den europäischen, nationalen und lokalen Normen Genüge zu tun und für einen Teil der Fließgewässer den morphologisch guten Zustand wieder herstellen zu können.

Literatur

- Allan, J.D.; Castillo, M.M. (2007). Stream Ecology. Structure and Function of Running Waters. Second Edition, Springer: Dordrecht, Netherlands. DOI: 10.1007/978-1-4020-5583-6.
- Gostner, W.; Alp, M.; Schleiss, A.J.; Robinson, C.T. (2013). The hydro-morphological index of diversity: a tool for describing habitat heterogeneity in river engineering projects, *Hydrobiologia*, 712(1), 43-60.
- European Commission (2000). Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council 23 October 2000: establishing a framework for Community action in the field of water policy, *Official Journal of the European Communities* L327.
- European Commission (2007). Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks, *Official Journal of the European Communities* L288/27.
- Jungwirth, M.; Haidvogel, G.; Moog, O.; Muhar, S.; Schmutz, S. (2003). *Applied Fish Ecology in Streams*, Facultas Universitätsverlag, Wien.
- Malmqvist, B.; Rundle, S. (2002). Threats to the running water ecosystems of the world, *Environmental Conservation*, 29, 134-153.
- Rinaldi, M.; Surian, N.; Comiti, F.; Bussettini, M. (2014). IDRAIM – Sistema di valutazione idromorfologica, analisi e monitoraggio dei corsi d'acqua, ISPRA – Manuali e Linee Guida 113/2014, Roma, giugno 2014.
- Vörösmarty, C.J.; McIntyre, P.B.; Gessner, M.O.; Dudgeon, D.; Prusevich, A.; Green, P.; Bunn, S.E.; Sullivan, C.A.; Reidy Liermann, C.; Davies, P.M. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity, *Nature*, 467, 555-561.

Anschrift der Verfasser

Dipl.-Ing. Matteo Paternolli
 Dipl.-Ing. Corrado Lucarelli
 Dr. Walter Gostner
 Ingenieure Patscheider & Partner GmbH
 Glurnserstraße 5/k, I-39024 Mals
 m.paternolli@ipp.bz.it

Mag. Robert Schifferegger
 Amt für Gewässerschutz, Landesagentur für Umwelt, Autonome Provinz Bozen Südtirol
 Michael Pacher Haus, Kapuzinerplatz 3, I-39031 Bruneck
 robert.schifferegger@provinz.bz.it