

Im Auftrag des Bundesamts für Umwelt BAFU

Makrozoobenthos in kleinen Fließgewässern

SCHWEIZWEITE AUSWERTUNG



Februar 2015

Impressum

Auftraggeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU), CH-3003 Bern. Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Auftragnehmerin/Autorin:

Vera Leib
Amt für Umwelt und Energie St.Gallen
Lämmlibrunnenstrasse 54
9001 St.Gallen

Begleitender Experte:

Pascal Stucki
Avenue de la Gare 29
2000 Neuchâtel

Hinweis

Diese Studie wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

ZUSAMMENFASSUNG

Mit dem vorliegenden Bericht wurde erstmals ein Überblick über den biologischen Gewässerzustand kleiner Fliessgewässer in der gesamten Schweiz geschaffen. Kleine Fliessgewässer, die hier als Fliessgewässer mit der Flussordnungszahl (FLOZ) 1 und 2 nach Strahler definiert werden, machen mit zirka 75 Prozent den Grossteil des Schweizer Gewässernetzes aus. Diese sind aber nicht nur streckenmässig von grosser Bedeutung, sondern erfüllen auch grundlegende ökologische Funktionen. Als biologischer Indikator wurde das Makrozoobenthos (MZB) herangezogen, da dessen Artenzusammensetzung und Häufigkeit die Gesamtheit der einwirkenden Umweltfaktoren widerspiegelt und da das MZB rückwirkend über längere Zeiträume Aussagen über den Gewässerzustand zulässt.

Konzept

Der Datensatz der MZB-Untersuchungen an kleinen Fliessgewässern vom Zeitraum 2005 bis 2013 wurde von kantonalen Gewässerschutzfachstellen und vom Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM CH) zur Verfügung gestellt. Insgesamt enthält der vorliegende Datensatz 709 MZB-Proben von 406 Untersuchungsstellen. 518 Proben von 215 Stellen stammen von kantonalen Gewässerschutzfachstellen; 191 Proben von ebenso vielen Stellen wurden vom BDM CH bereitgestellt. Die Untersuchungen weisen neben verschiedenen Erhebungs- und Auswertungsmethoden auch Unterschiede bei der Auswahl der Untersuchungsstellen auf. So sind die BDM CH Probenahmestellen in einem gleichmässigen Raster über die ganze Schweiz verteilt und die Untersuchungen beruhen auf einer einheitlichen Methode, enthalten aber keine Fliessgewässer mit der FLOZ 1. Die Probenstandorte der kantonalen Gewässerschutzfachstellen hingegen wurden zum Teil aufgrund von bereits bekannten Gewässerverschmutzungen ausgewählt; auch liegen für diese Daten mehrere unterschiedliche Erhebungs- und Auswertungsmethoden vor.

Zustand der kleinen Fliessgewässer

Alle vorliegenden Untersuchungen wurden unabhängig von der Erhebungs- und Auswertungsmethode einerseits hinsichtlich der Erfüllung der ökologischen Ziele nach Modul-Stufen-Konzept (MSK) und andererseits mittels $SPEAR_{\text{pesticide}}$ -Index hinsichtlich einer Belastung durch Pestizide beurteilt. So gelang es über alle Proben eine gemeinsame Aussage zum Gewässerzustand zu treffen, obwohl die Untersuchungsmethoden bei den zur Verfügung gestellten Untersuchungen stark variierten.

Bewertung gemäss Erfüllung der ökologischen Ziele

Knapp die Hälfte der Makrozoobenthosproben verpassen die ökologischen Ziele des MSK. Zwei Drittel der verfügbaren Untersuchungen an Fliessgewässern mit FLOZ 1 halten die ökologischen Ziele nicht ein. In der Hügelstufe (0 bis 600 m ü. M.) kann 58 Prozent aller untersuchten Fliessgewässerstandorte kein guter biologischer Zustand attestiert werden. Die grössten Defizite zeigen sich in der Höhenstufe zwischen 301 bis 400 m ü. M., wo über 70 Prozent der Lebensgemeinschaften des Makrozoobenthos auf einen ungenügenden Gewässerzustand schliessen lassen.

Für die Interpretation der Fliessgewässerbewertungen ist es unerlässlich, das ihnen zu Grunde liegende Untersuchungskonzept zu kennen. Betrachtet man die Makrozoobenthos-Proben des BDM CH, ist der Anteil der Proben, der die ökologischen Ziele nach MSK erfüllt, mit etwa zwei Drittel aller Untersuchungen höher als beim gesamten Datensatz. Vergleicht man die Proben des BDM CH mit den Proben der kantonalen Gewässerschutzfachstellen, die nach der gleichen Methode untersucht und beurteilt wurden, erfüllten zwei Drittel der Proben die ökologischen Ziele nicht. Die Ursache für das schlechtere Abschneiden dieser Proben dürfte an der Auswahl der Untersuchungsorte liegen. Diese befinden sich überwiegend in tieferen Lagen mit intensiver Landnutzung im Einzugsgebiet und wurden zum Teil aufgrund bereits bekannter Belastungen ausgewählt. Die Anzahl dieser Untersuchungen war allerdings deutlich geringer als jene des BDM CH.

Bewertung gemäss Zielerfüllung durch den SPEAR_{pesticide}-Index

Die ökologische Beeinträchtigung der Fliessgewässerproben durch Pestizide wurde durch den SPEAR_{pesticide}-Index erfasst. Für 47 Prozent der Untersuchungen gibt der SPEAR_{pesticide}-Index einen negativen Einfluss durch Pestizide auf die Wasserwirbellosen an. Wiederum ist die stärkste Beeinträchtigung in der Hügelstufe zu erkennen. Über 90 Prozent der Makrozoobenthos-Proben, bei denen der SPEAR_{pesticide}-Index eine insektizide Wirkung auf die Gewässerfauna anzeigt, liegen unterhalb von 600 m ü. M.

Landnutzungsanalyse

Der Gewässerzustand wird neben weiteren Faktoren auch massgeblich von den stofflichen Einträgen aus dem Einzugsgebiet beeinflusst. In der vorliegenden Auswertung wurde der Gewässerzustand hinsichtlich der verschiedenen Nutzungsarten in ihrem Einzugsgebiet (EZG) untersucht. Dafür wurde ein GIS-basierter Datensatz zur Hilfe genommen. Für 392 der 406 Fliessgewässerstandorte liegen Informationen zur Landnutzung im EZG vor, wobei die drei Hauptnutzungsformen Siedlung, Verkehr und Landwirtschaft unterschieden werden. Die Nutzung Landwirtschaft wird unterteilt in die Nutzungsformen Reben, Obst, Ackerland und Grünland. Der Gewässerzustand wurde in Bezug zum Flächenanteil einer bestimmten Nutzung am EZG gesetzt.

Zusammenhang Erfüllung der ökologischen Ziele und Landnutzung

Da alle Untersuchungen unabhängig von der Erhebungs- und Auswertungsmethode hinsichtlich der Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK beurteilt wurden, kann der gesamte Datensatz auf den Zusammenhang zwischen den verschiedenen Landnutzungsarten im EZG der Gewässer und der Beurteilung des ökologischen Zustandes analysiert werden. Hier zeigt sich, dass bei einem Flächenanteil von über 10 Prozent Siedlung gut zwei Drittel der Untersuchungsstellen die ökologischen Ziele nicht erfüllen (n = 134). Bei mehr als 50 Prozent Siedlung sind es 95 Prozent der Fliessgewässer (n = 18). Es besteht ein negativer Zusammenhang zwischen der Landnutzung Siedlung und der Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK. Auch der Grossteil der landwirtschaftlichen Landnutzungen im EZG steht in Verdacht, mit einem ungenügenden Gewässerzustand zusammenzuhängen. So erfüllen zum Beispiel 86 Prozent der Makrozoobenthosproben (n = 34) bei einer Nutzungsdichte von mehr als 10 Prozent Reben im Einzugsgebiet die ökologischen Ziele nach MSK nicht; bei einer Nutzungsdichte von mehr als 50 Prozent Ackerland wird bei 92 Prozent der Proben (n = 35) die Erfüllung die ökologischen Ziele nach

MSK nicht erreicht. Bei einem Flächenanteil über 50 Prozent Landwirtschaft im Einzugsgebiet wird zwei Drittel der entsprechenden Fliessgewässer ein ungenügender Zustand attestiert (n = 135). Hingegen wirkte sich die Landnutzung Wald tendenziell positiv auf den Gewässerzustand aus.

Zusammenhang Bewertung durch SPEAR_{pesticide}-Index und Landnutzung

Deutlich erkennbar ist der Einfluss der verschiedenen Landnutzungsarten auch anhand der Beurteilung des Gewässerzustandes mittels SPEAR_{pesticide}-Index. Für zwei Drittel der Untersuchungen (n = 130) mit einer Siedlungsfläche von mehr als 10 Prozent im Einzugsgebiet ergibt sich keine Zielerfüllung hinsichtlich des SPEAR_{pesticide}-Index. Übersteigt der Flächenanteil Siedlung 50 Prozent, erfüllen knapp 90 Prozent der Stellen (n = 17) die Zielvorgaben nicht. Die Zusammenhänge zwischen der landwirtschaftlichen Landnutzung und SPEAR_{pesticide}-Index sind auch hier am deutlichsten, wenn zwischen den verschiedenen Nutzungsformen unterschieden wird. Ist der Anteil Ackerland am Einzugsgebiet grösser als 10 Prozent, gibt der Index bei 66 Prozent der Proben (n = 208) eine Belastung durch Pestizide an. Ist der Flächenanteil Ackerland grösser 50 Prozent, ergibt sich bei 79 Prozent der Proben (n = 30) keine Zielerfüllung anhand des SPEAR_{pesticide}-Index. Bei einem Flächenanteil Reben grösser als 10 Prozent, werden bei 88 Prozent der Untersuchungen (n = 35) nach dem SPEAR_{pesticide}-Index die Zielerfüllungen nicht erreicht und scheinen durch Pestizide beeinträchtigt zu sein.

Fazit und Ausblick

Trotz des heterogenen Datensatzes in Bezug auf die Erhebungs- und Auswertungsmethode war es möglich, ein erstes nationales Bild des biologischen Gewässerzustands der kleinen und kleinsten Fliessgewässer anhand des Makrozoobenthos zu erstellen. Es zeigt sich, dass an kleinen Fliessgewässern erhebliche biologische Defizite bestehen. Bei beinahe 50 Prozent der untersuchten Stellen entspricht die biologisch indizierte Wasserqualität nicht den ökologischen Zielen gemäss MSK. Werden nur die Untersuchungen des BDM CH betrachtet, ist die Zahl der Proben, die die Anforderungen der ökologischen Ziele nach MSK erfüllen, mit rund 66 Prozent grösser als beim gesamten Datensatz. Die Kenntnis der Erhebungs- und Beurteilungsmethode sowie die Hintergründe für die Auswahl der Untersuchungsstelle sind von wesentlicher Bedeutung für die Interpretation der Untersuchungsergebnisse.

Um den Einfluss der Landnutzung im Einzugsgebiet auf die Gewässerqualität beurteilen zu können, bewährte sich der SPEAR_{pesticide}-Index am Besten. Die stärksten Zusammenhänge werden zwischen den landwirtschaftlichen Nutzungen (vor allem beim Ackerland) und dem SPEAR_{pesticide}-Index gefunden. Hingegen ist der Zusammenhang zwischen dem IBCH bzw. IBGN und der Landnutzung im Einzugsgebiet meist geringer, da diese Indices neben den Aussagen zur Wasserqualität auch die Ökomorphologie der Gewässer in die Beurteilung mit einbeziehen.

Bei der hier vorliegenden Landnutzungsanalyse standen die einzelnen diffusen Quellen von Mikroverunreinigungen aus dem Einzugsgebiet im Fokus. Eine Auswertung hinsichtlich multipler Belastungen aus dem Einzugsgebiet wurde in Rahmen dieser Studie nicht durchgeführt. Auch weiterer wichtiger Einflussfaktoren auf den Gewässerzustand wie die Ökomorphologie, die Wasserführung oder die Wassertemperatur konnten hier nicht in die Auswertung mit einbezogen werden.

Inhaltsverzeichnis

ZUSAMMENFASSUNG.....	3
1. EINLEITUNG	7
2. METHODE.....	10
2.1. DATENGRUNDLAGE.....	10
2.1.1. Daten der kantonalen Gewässerschutzfachstellen	10
2.1.2. Daten des Biodiversitätsmonitorings Schweiz.....	11
2.2. Erhebungs- und Auswertungsmethoden des MZB	12
2.3. Landnutzungsanalyse	13
3. ALLGEMEINE DATENANALYSE	15
4. ZUSTAND DER KLEINEN FLIESSGEWÄSSER	19
4.1. Gewässergrösse	20
4.2. Höhenlage.....	20
4.3. Geographische Lage.....	21
4.4. Probenahmezeitpunkt.....	22
4.5. Indices.....	23
4.5.1. Indice biologique CH (IBCH).....	23
4.5.2. Indice biologique global normalisé (IBGN)	27
4.5.3. Ephemeroptera, Plecoptera und Trichoptera (EPT)	28
4.5.4. Makroindex (MI)	30
4.5.5. Species at Risk (SPEAR)	30
5. Landnutzung im Einzugsgebiet	33
5.1. Landnutzung und Gewässergrösse.....	33
5.2. Landnutzung in der Ost- und Westschweiz.....	34
5.3. Landnutzung und Gewässerzustand.....	37
5.3.1. Landnutzung und die Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK	37
5.3.2. Landnutzung und IBCH	41
5.3.3. Landnutzung und IBGN.....	44
5.3.4. Landnutzung und SPEAR	47
6. FAZIT UND AUSBLICK	51
7. ABBILDUNGSVERZEICHNIS	54
8. LITERATURVERZEICHNIS	58
9. DANK.....	60

1. EINLEITUNG

Mit Hilfe von biologisch-ökologischen Untersuchungen lässt sich der Gesamtzustand eines Gewässers beurteilen. Hierzu eignen sich besonders die wenig mobilen aber zum Teil sehr empfindlichen Makroinvertebraten der Gewässersohle, die die Gesamtheit aller auf sie einwirkenden Umweltfaktoren wie die Wasserqualität, die Wassertemperatur, die Struktur des Gewässers und die Abflussverhältnisse, widerspiegeln. Zum Makrozoobenthos (MZB) - auch Wasserwirbellose, aquatische Makroinvertebraten oder Fliessgewässerinvertebraten genannt – zählen die mit blossen Auge sichtbaren, auf der Gewässersohle lebenden Gewässerkleintiere wie etwa Insekten, Spinnentiere, Schnecken, Krebse, Würmer oder Egel.

Da jedes dieser Lebewesen andere Umweltbedingungen bevorzugt, verschiebt sich, wenn sich die Parameter des Fliessgewässerhabitats verändern, in Folge auch deren Artenzusammensetzung und deren Häufigkeit. Manche Arten reagieren sehr empfindlich gegenüber Störungen (z.B. Steinfliegen), andere hingegen weisen eine bestimmte Toleranz gegenüber Veränderungen ihrer Umwelt auf. Solche sich negativ auswirkende Einflüsse können etwa in einer Verschlechterung der Wasserqualität liegen z.B. durch Pestizideinträge (Munz et al., 2012), (Liess M., 2003), aber auch in einer beeinträchtigten Gewässerstruktur, Wassertemperatur oder in einer unnatürlichen Wasserführung (Lubini-Ferlin, 2011).

Über die Diversität der Makrozoobenthosgemeinschaft und deren Häufigkeitsverteilung lassen sich somit gute und umfassende Aussagen über die Wasser- und Gewässerqualität treffen (Vereinigung Deutscher Gewässerschutz e.V., 2008). Die Beurteilung von Fliessgewässern anhand des MZB kann sich in Europa und in der Schweiz auf eine jahrzehntelange Tradition abstützen.

In Fig. 1 ist die Aussagekraft des Makrozoobenthos zur Beurteilung der Aspekte Gewässerraum, Wasserführung und Wasserqualität wiedergeben. Neben seiner breiten Aussagekraft bietet dieser biologische Indikator den Vorteil, Aussagen über längere Zeiträume zuzulassen. So dauert etwa bei den sensiblen Steinfliegen das im Wasser stattfindende Larvenstadium bis zu maximal 3 Jahren (Lubini-Ferlin, 2011), wodurch über mehrere Jahre hinweg die Lebensbedingungen und damit auch die Wasserqualität rückwirkend beurteilt werden kann (Vereinigung Deutscher Gewässerschutz e.V., 2008).

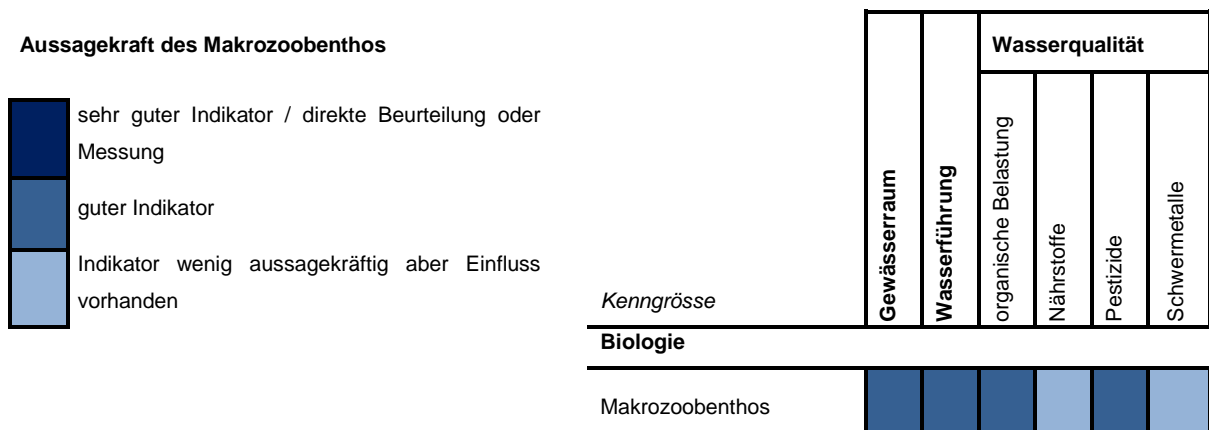


Fig. 1 Aussagekraft des Makrozoobenthos zur Beurteilung der Aspekte Gewässerraum, Wasserführung und Wasserqualität (Grafik in Anlehnung an Känel et al. 2010)

Obwohl kleinere Fließgewässer einen Grossteil des Schweizer Gewässernetzes ausmachen, wurde bei den Gewässeruntersuchungen in der Schweiz der Fokus bis anhin meist auf grössere Gewässer gelegt. Wie die Gewässergrösse definiert werden soll, führt häufig zu Diskussionen, denn eine allgemeingültige Abgrenzung gibt es nicht. Die Definition erfolgt in der Literatur unter anderem über die Gewässerbreite (Pro Natura Baselland, 2009), die Gewässersohlenbreite (Boschi, Bertiller, & Coch, 2003), den Kronenschluss des Ufergehölz (Bostelmann, 2004), über den Abfluss (Pro Natura Baselland, 2009) oder die Flussordnungszahl (FLOZ, Fig. 2).

Für das Gewässernetz der Schweiz wird für die Definition kleiner Fließgewässer die Flussordnungszahlen nach Strahler herangenommen (Munz et al., 2012). Demnach werden hier Gewässer mit einer FLOZ 1 und 2 als kleine Fließgewässer definiert. Diese machen ca. 75 Prozent des Schweizer Gewässernetzes aus (Fig. 2).

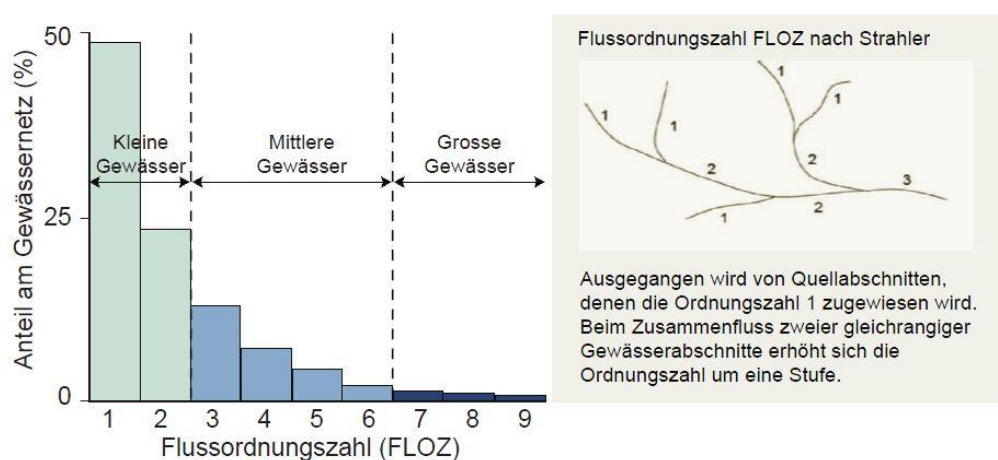


Fig. 2 Anteil der Fließstrecke pro Flussordnungszahl (FLOZ) in Prozent des gesamten Gewässernetzes der Schweiz. Fließstrecken mit der FLOZ 1 und 2 werden als „klein“ bezeichnet (Abbildung aus: Munz et al., 2012).

Diese kleinen Bäche spielen aber nicht nur streckenmässig eine grosse Rolle, sondern erfüllen auch grundlegende ökologische Funktionen. So sind sie Hauptlebensraum einer einzigartigen Fauna, wie etwa beim MZB für die Larven der Gattung *Plectrocnemia* (Lubini-Ferlin, 2011). Vielen Fischen dienen diese kleinen Bäche als Laich- und Aufwuchsgewässer. Sie nutzen sie aber auch als Refugialraum, wo sie sich bei ungünstigen Bedingungen wie bei Hochwasser oder Gewässerverschmutzungen zurückziehen können. So ermöglichen diese kleinen Bäche eine rasche Wiederbesiedlung der Hauptgewässer durch Gewässertiere nach grösseren Störungen.

Eine schweizweite Auswertung von Pestizidmessungen in Fließgewässern zeigte, dass gerade in diesen kleinen Fließgewässern die höchsten Pestizidbelastungen zu beobachten sind. Es treten hier Konzentrationsspitzen auf, die um ein Vielfaches höher sind als in grösseren Fließgewässern (Munz et al., 2012).

Die Auswirkungen dieser Belastung auf die Fauna und Flora der kleinen Gewässer sind ungewiss, da über deren biologischen Zustand wenig bekannt ist. Eine Übersicht über die gesamte Schweiz ist

bisher nicht verfügbar. Im Sinne der Gewässerschutzgesetzgebung (Gewässerschutzgesetz (GSchG)) wird deshalb das Augenmerk hiermit vermehrt auf die kleinen Fliessgewässer gerichtet.

Im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU), Abteilung Wasser, wurde nun mit Hilfe einer Datenanalyse ein Überblick über den biologischen Zustand kleiner Fliessgewässer anhand des MZB erarbeitet. Diese schweizweite Übersicht soll zeigen, wie es um den Zustand dieser kleinen Bäche steht und inwieweit sich verschiedenen Stressoren, wie etwa Pestizideinträge, nachteilig auf die dortige Lebensgemeinschaft ausgewirkt haben. Dank der durchgeführten Landnutzungsanalyse können hier auch erstmals Aussagen über den Zusammenhang zwischen der Nutzung im Einzugsgebiet (EZG) (Strahm, 2013) und dem Gewässerzustand der kleinen Bäche getroffen werden. Im Fokus stehen hier die diffusen Quellen von Mikroverunreinigungen. Neben den betrachteten diffusen Belastungen aus dem Einzugsgebiet wurde der Gewässerzustand im Rahmen dieser Arbeit nicht in Zusammenhang mit weiteren ebenso wichtigen Einflussfaktoren wie zum Beispiel der strukturellen Beschaffenheit des Gewässers, der Wassertemperatur oder der Wasserführung betrachtet.

2. METHODE

2.1. DATENGRUNDLAGE

Der vorliegende Datensatz stammt aus zwei Quellen. Einerseits lieferten die kantonalen Gewässerschutzfachstellen Daten zahlreicher Makrozoobenthoserhebungen an kleinen Fließgewässern; andererseits stellte das BAFU mit dem Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM CH) einen grossen Datenpool zur Verfügung. Die Zuordnung der Untersuchungsstellen der entsprechenden Flussordnungszahl 1 oder 2 erfolgte mittels GIS-Analyse durch die Verknüpfung der Gewässer (Vektor 25) mit den vorliegenden Flussordnungszahlen nach Strahler. Im Anschluss erfolgte eine manuelle Plausibilisierung der Zuordnung.

2.1.1. Daten der kantonalen Gewässerschutzfachstellen

21 kantonale Gewässerschutzfachstellen gaben Rückmeldungen auf die versandten Fragebögen. In 19 Kantonen wurde im Zeitraum von 2005 bis 2013 Makrozoobenthosuntersuchungen an kleinen Fließgewässern durchgeführt. Diese Daten wurden entweder direkt von den kantonalen Fachstellen oder mit deren Einverständnis über das Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna (CSCF) zur Verfügung gestellt.

Die vorhandenen Untersuchungen weisen bezüglich der Auswahl des Untersuchungsstellen und der Erhebungs- bzw. Auswertungsmethoden eine grosse Heterogenität auf. Auch variierten die den Untersuchungen zu Grunde liegenden Zielsetzungen stark. Zwei Drittel der 19 Kantone, die das MZB an Gewässern mit der FLOZ 1 und 2 erhoben, trafen eine Auswahl der Untersuchungsstellen ohne die Kenntnis von Belastungen an diesen Gewässern. Sieben Kantone gaben an, Untersuchungen (auch) aufgrund von bereits bekannten Defiziten durchzuführen. In der Nord-Ost-Schweiz wurden vermehrt massnahmenorientierte Untersuchungen bei bereits bekannten Belastungen durchgeführt. Vereinzelt war das Ziel der Untersuchung auch eine Erfolgskontrolle nach Revitalisierungen. Der Grossteil der kantonalen Untersuchungen fand aber im Rahmen eines flächendeckenden Monitorings statt.

Vor dem Jahr 2010 wurden in der Schweiz verschiedene Untersuchungsmethoden und Indices für das MZB angewandt. Häufig wurde aber der Indice biologique global normalisé (IBGN) (BUWAL, 2005) bestimmt, der auf dem Zusammenhang zwischen einer Biozönose und einem Fließgewässerhabitat beruht. Diese Erhebungs- und Auswertungsmethode wurde von sieben Kantonen bei verschiedenen Untersuchungen angewandt. In Anlehnung an dieses Probenahmedesign erfolgte auch das Untersuchungsprogramm der Urkantone (DÜFUR). Die Beurteilung des Gewässerzustandes geschah dann anhand des Makroindex (MI) (Imhof et al., 2005).

Im Jahr 2010 veröffentlichte das BAFU im Rahmen des Modul-Stufen-Konzepts (MSK) eine überarbeitete Methode zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer (Stucki, 2010). Diese Methode beruht auf dem IBGN und wird als Indice biologique CH (IBCH) bezeichnet. Der grösste Unterschied zum IBGN liegt in der Wahl des Probenahmegeräts. Neu wird anstatt der Probenahme mittels Surber-Netz die Technik des „Kicksamplings“ angewandt, dies zugunsten einer grösseren Diversität der erhobenen Taxa. Vereinzelt wird in verschiedenen Kantonen auch weiterhin eine (zusätzliche) Probenahme mit dem Surber-Netz zur quantitativen Erfassung des Makrozoobenthos

durchgeführt. Zwei Drittel der Kantone untersuchten ihre kleinen Fließgewässer mittlerweile anhand der IBCH-Methode.

Auch wenn seit dem Jahr 2010 eine einheitliche Erhebungs- und Auswertungsmethode zu Verfügung steht, werden weitere ergänzende Indices für die Beurteilung der Fließgewässer verwendet. In etwa einem Drittel der Rückmeldungen durch die Kantone wird die zusätzlich Berechnung des Makroindex oder des SPEAR_{pesticide}-Index angegeben. Etwas seltener wurde der Saprobienindex herangezogen; ein Kanton nutzt zur Bewertung sein eigenes Referenzsystem.

Wie im Modul Makrozoobenthos empfohlen, wird bei allen Untersuchungen als taxonomische Einheit mindestens die „Familie“ herangezogen (Stucki, 2010). Acht Kantone gaben an, eine vertiefte Untersuchung auf Artniveau durchzuführen. Alternativ wurde als weitere angewandte Bestimmungstiefe je einmal die „Gattung“ und die „systematische Gruppe“ angeführt.

In seltenen Fällen wurden grobbiologische Untersuchungen ohne entsprechende Probenahmestrategie zur Verfügung gestellt; diese wenigen Proben wurden in diese Auswertung nicht berücksichtigt, da sie auf keiner einheitlichen methodischen Grundlage beruhen und ihre Ergebnisse daher nicht vergleichbar sind.

Gemeinsam mit Makrozoobenthosuntersuchungen erfolgten meist weitere Aufnahmen am Gewässer. Als begleitende Untersuchungen diente in erster Linie die Aufnahme des Äusseren Aspekts des Modul-Stufen-Konzepts (Binderheim & Göggel, 2007). Ebenfalls wurden Makrozoobenthosaufnahmen häufig mit chemischen Analysen kombiniert. Weitere verfügbare Daten sind in absteigender Reihenfolge: Kieselalgen, pflanzlicher Bewuchs, Fische, Ökomorphologie, Temperatur und Hydrologie. Makrozoobenthosuntersuchungen an kleinen Fließgewässern ohne ergänzende Aufnahmen wurden nicht durchgeführt.

2.1.2. Daten des Biodiversitätsmonitorings Schweiz

Im Jahr 2010 startete das BDM CH mit der systematischen Erfassung der Fließgewässereinvertebraten. Ziel ist es langfristige Trends der Biodiversität aufzuzeigen, repräsentative Aussagen für die gesamte Schweiz zu ermöglichen, die Artenvielfalt zu erfassen bzw. zu überwachen und die wichtigsten Trends möglicher Einflüsse und Massnahmen aufzuzeigen (Koordinationsstelle BDM, 2014).

Das Stichprobennetz des BDM CH beruht auf der Schweizer Karte im Massstab 1:25'000 Karte, wobei die Probenahmestellen in einem gleichmässigen Raster über die Schweiz verteilt sind. Die Grundgesamtheit sind die Schweizer Fließgewässer mit einer FLOZ nach Strahler zweiter und höherer Ordnung. Ausschlusskriterien für das Messstellennetz waren temporäre Gewässer (da nicht immer beprobbar), Fließgewässer mit einer Breite unter 0,3 Meter (da Kicksampling nicht möglich), zu tiefe Fließgewässer (da nicht mit Kicksampling beprobbar) und zu steile Fließgewässer (da zu gefährlich). Kleinstgewässer mit der FLOZ 1 sind oft temporär (v.a. im Gebirge) und sind oft methodisch schwierig zu beproben, weshalb diese vom Messnetz des BDM CH ausgeschlossen wurden. Dies kann einerseits zu einem Verlust dieser speziellen Fauna führen, andererseits erhöht dieser Ausschluss die Reproduzierbarkeit der Messungen.

Das Messnetz des BDM CH für Gewässerinsekten umfasst insgesamt etwa 570 Probestrecken. Davon sind zirka 250 Fließstrecken mit der FLOZ 2, welche in einem Rhythmus von 5 Jahren beprobt

werden. Die Untersuchungen in den Jahren 2010 bis 2013 umfassen 191 Fließstrecken mit der FLOZ 2 und wurden für die vorliegende Auswertung zur Verfügung gestellt.

Die Aufnahmen erfolgen nach dem Modul-Stufen-Konzept MZB (Stucki, 2010), jedoch werden die Taxa der Ephemeroptera (Eintagsfliegen), Plecoptera (Steinfliegen) und Trichoptera (Köcherfliegen) (EPT) bis auf Artniveau bestimmt. Zusätzlich wird jeweils die Ökomorphologie bewertet und der Äussere Aspekt erfasst. Aufgrund der Homogenität der Datenqualität, der systematischen Beprobung und der Bestimmung der EPT auf Artniveau sind diese Daten besonders wertvoll für eine zuverlässige Beurteilung des biologischen Zustands der kleinen Fließgewässer.

2.2. Erhebungs- und Auswertungsmethoden des MZB

Die zur Verfügung gestellten Untersuchungen beruhen auf verschiedenen Erhebungs- und Auswertungsmethoden. Diese sind im Folgenden kurz beschrieben. Für weitere Details ist auf die entsprechenden Publikationen verwiesen.

Indice biologique global normalisé (IBGN)

Der IBGN wird in Frankreich bereits seit 1992 zur Beurteilung des MZB in Fließgewässern herangezogen. Organische Verschmutzungen, morphologische Defizite sowie generelle Degradation können mit dieser Methode detektiert werden. Beim IBGN wird die Diversität der erhobenen Organismen und die Empfindlichkeit gewisser Taxa in Beziehung zu den abiotischen Einwirkungen gesetzt und basiert auf dem taxonomischen Niveau der Familie. Die Probenahme erfolgt mittels Surber-Netz (BUWAL, 2005).

Indice biologique CH (IBCH)

Mit der im Jahr 2010 im Rahmen des Modul-Stufen-Konzepts veröffentlichten Methode wird der Hemerobiegrad als Mass für die Gesamtheit der anthropogenen Einwirkungen auf das Ökosystems bewertet. Der Index IBCH beruht auf dem IBGN und wird für die Beurteilung des biologischen Gewässerzustandes herangenommen. Die beiden Indices unterscheiden sich vor allem in der Wahl des Probenahmegerätes. Beim IBCH wird die Technik des "Kicksamplings" angewandt. Dies hat den Vorteil, dass eine grössere Diversität bei den erhobenen Taxa erreicht wird (Stucki, 2010).

Makroindex (MI)

Entwickelt wurde der Makroindex in den siebziger Jahren aus einer gesamtschweizerischen Untersuchung der Fließgewässer (Perret, 1977). Der Makroindex beschreibt in erster Linie das Verhältnis von Insektentaxa zu Nicht-Insektentaxa, da davon ausgegangen wird, dass unbelastete Schweizer Fließgewässer eine grössere Anzahl von Insektenarten als Nichtinsektenarten aufweisen. Bei belasteten Gewässern nimmt der Anteil an Nichtinsekten zu, die Zahl von sensiblen Insektenarten, wie etwa Steinfliegen und Köcherfliegen, nimmt ab. Der Makroindex berechnet sich aus dem Quotient von Insektentaxa zu Nichtinsektentaxa. Zusätzlich werden verschiedene Kombinationen taxonomischer Einheiten betrachtet. Die Kombination des Quotienten und der taxonomischen Gruppen ergibt den Makroindex.

Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT)

Diese drei hoch indikativen Insektenordnungen werden aufgrund ihrer hohen ökologischen Ansprüche und ihrer Empfindlichkeit gegenüber Gewässerverschmutzungen sehr häufig für die Bewertung des Gewässerzustandes herangezogen (Studemann et al., 1992), (Lubini et al., 2012). Diese Taxa eignen sich aufgrund ihrer Lebensraumansprüche besonders gut für die Bewertung kleiner Fließgewässer (mündlich Dr. Verena Lubini). Zur Bewertung der EPT wurde der EPT-Index (modifiziert nach NCDEHNR, 1997) herangezogen. Bei der Beurteilung in fünf Klassen werden die zwei besten Klassen (excellent / good) und die drei schlechtesten drei Klassen (good-fair / fair / poor) jeweils zusammengefasst und hinsichtlich der Erfüllung der ökologischen Ziele bewertet (Fig. 3).

EPT Index	Ökologische Ziele erfüllt		Ökologische Ziele nicht erfüllt		
Rating	excellent	good	good-fair	fair	poor
Anzahl EPT	>27	21-27	14-20	7 -- 13	0-6

Fig. 3 Bewertung der BDM CH Proben nach EPT-Index (modifiziert nach NCDEHNR, 1997)

SPEAR_{pesticide}-Index

Der SPEAR-Index (Species at Risk) ist ein Bioindikator-System zur Erfassung der ökologischen Beeinträchtigungen von Fließgewässern durch unterschiedliche Schadstoffgruppen wie z.B. durch Pestizide und beruht auf biologischen Merkmalen der Wasserwirbellosen (Beketov & Liess, 2008). Der SPEAR_{pesticide}-Index wird für die Bewertung der insektiziden Wirkung von Pestiziden auf die Gewässerinvertebraten herangezogen.

Da der Grossteil der Daten auf Familienniveau vorlag, wurde zwecks besserer Vergleichbarkeit der SPEAR_{pesticide}-Index auf diesem taxonomischen Niveau berechnet. Dass der SPEAR_{pesticide}-Index auch auf Familienniveau angewandt werden kann, zeigten frühere Untersuchungen (Beketov, et al., 2009). Tendenziell überschätzt der SPEAR_{pesticide}-Index auf Familienniveau aber die Gewässerqualität gegenüber einer Index-Berechnung auf Artniveau (Kaske & Liess, M., 2013). Wo keine exakten Individuenzahlen zur Verfügung standen, wurde das geometrische Mittel der Klassengrenzen für die Abundanzangabe beim SPEAR_{pesticide}-Index herangezogen (Empfehlung von Oliver Kaske, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, Leipzig).

2.3. Landnutzungsanalyse

Neben der strukturellen Beschaffenheit des Gewässers, der Temperatur und der Wasserführung wird der Gewässerzustand auch massgeblich von den stofflichen Einträgen aus dem EZG beeinflusst. Negative Auswirkungen auf ein Gewässer durch die Landnutzung werden vor allem dort erwartet, wo der Nutzungsdruck im Einzugsgebiet gross ist und verschiedene Landnutzungsarten vorliegen (Strahm, 2013). Dies trifft vor allem auf die tiefen Lagen mit grossen landwirtschaftlichen Intensivflächen und einem hohen Anteil an Siedlungsgebiet zu. So sind in der Schweiz im Tal 34 Prozent der landwirtschaftlichen Nutzflächen indirekt und 16 Prozent direkt an Gewässer angeschlossen. In der Bergzone mit meist weniger intensiver landwirtschaftlicher Nutzung weisen 35 Prozent der Nutzflächen einen indirekten und 31 Prozent einen direkten Gewässeranschluss auf (BLW, 2013).

Bei der Landnutzungsanalyse wurden hauptsächlich jene Nutzungen beurteilt, die als relevante Quellen für Mikroverunreinigungen gelten. Folgende diffuse Quellen stehen im Fokus:

- Siedlung
- Landwirtschaft (Obstanbau, Reben, Ackerland, Grünland)
Beim Ackerland liegen Daten zu folgenden Kulturen vor: Rüben, Raps, Mais, Getreide, Kartoffeln, Hülsenfrüchte und Kunstwiesen. Das Grünland umfasst die Untergruppen Naturwiesen, Alp- und Jurawiesen sowie ebenfalls die Kunstwiesen.
- Verkehr (Strassen, Eisenbahn)
- Wald (wobei bei Waldflächen nicht mit dem Eintrag einer relevanten Menge von Mikroverunreinigungen gerechnet wird.)

Nicht in der Auswertung einbezogen wurden Mischwasserüberläufe (diffuse Quellen) und zentrale Abwasserreinigungsanlagen (Punktquellen) (Strahm, 2013), da deren Anzahl an kleinen Fließgewässern eine untergeordnete Rolle spielen dürfte. Neben den betrachteten diffusen Belastungen aus dem Einzugsgebiet wird der Gewässerzustand nicht in Zusammenhang mit weiteren ebenso wichtigen Einflussfaktoren wie zum Beispiel der strukturellen Beschaffenheit des Gewässers, der Wassertemperatur oder der Wasserführung betrachtet. Auch wurden der Gewässerzustand nicht hinsichtlich einer multiplen Belastung aus dem EZG beurteilt.

Datenauswertung

Die Fläche einer spezifischen Nutzungsart wird für jedes Einzugsgebiet ins Verhältnis gesetzt zur Gesamteinzugsgebietsfläche (=Flächenanteil der Landnutzung am Einzugsgebiet). Die daraus resultierenden Flächenanteile in Prozent werden wiederum in Zusammenhang gesetzt mit dem ökologischen Zustand der betreffenden Untersuchungsstelle. Dargestellt wird jeweils die Verteilung der Flächenanteile einer bestimmten Nutzungsart in den Kategorien zur Beurteilung des Gewässerzustandes. Die Betrachtung der Flächenanteile – im Folgenden auch Landnutzungsdichte genannt - ermöglicht detaillierte Aussagen bezüglich der Zusammenhänge einer bestimmten Nutzung im Einzugsgebiet und den Ergebnissen von Gewässeruntersuchungen (Strahm, 2013). Zusätzlich wird für die Berechnung des Zusammenhangs zwischen dem Gewässerzustand und der Landnutzung im EZG die Rangkorrelation nach Spearman herangezogen. Einerseits ist dieses Mass robust gegenüber Ausreisser und andererseits können auch ordinal skalierte Daten verwendet werden.

Vor der Auswertung, wie die Landnutzung im Einzugsgebiet den Gewässerzustand beeinflusst, werden die verschiedenen Landnutzungsarten in Zusammenhang mit der Gewässergrosse und der geographischen Lage betrachtet. Die Beziehung zwischen Gewässerzustand und Landnutzung wird im Anschluss aufgeteilt nach den drei Hauptnutzungsformen Verkehr, Siedlung und Landwirtschaft untersucht. Als Erstes wird der Zusammenhang zwischen Landnutzungsart und Gewässerzustand in Bezug auf die Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK an den Untersuchungsstellen analysiert. Im Anschluss werden die Beurteilungsmethoden IBCH, IBGN und SPEAR_{pesticide}-Index separat betrachtet. Nicht analysiert wird aufgrund der kleinen Stichprobe der Zusammenhang zwischen Landnutzung und Beurteilung durch den Makro- bzw. den Saprobienindex. Es ist zu beachten, dass Deponien aufgrund ihrer geringeren Aussagekraft nicht separat diskutiert werden, sowie dass die Kunstwiesen (als Wiese angesäte Fläche) sowohl in der Kategorie Ackerland als auch in der Kategorie Grünland integriert sind.

3. ALLGEMEINE DATENANALYSE

In der folgenden Datenanalyse werden die vorliegenden Untersuchungen charakterisiert. Dargestellt wird etwa die Gewässergrösse (FLOZ, Sohlenbreite), die Anzahl der Proben (pro Monat/pro Jahr) oder die Erhebungs- bzw. die Auswertungsmethode. Auch werden die Makrozoobenthosuntersuchungen in Bezug zur Höhe (Meter über Meer) und zur regionalen Verteilung (Ost- bzw. Westschweiz) betrachtet. Da die Meereshöhe einen starken Einfluss auf das MZB hat (Wassertemperatur, Struktur der Gewässer, etc.) und die Landnutzung in den unterschiedlichen Höhen variiert, werden drei Höhenstufen unterschieden: die Hügelstufe (0 bis 600 Meter über Meer (m ü. M.)), die Bergstufe (601 bis 1200 m ü. M.) und die Alpenstufe (1201 bis 2600 m ü. M.). Auch um regionale Unterschiede zu identifizieren, wurde eine grobe Einteilung vorgenommen. Zur Westschweiz werden die Kantone Jura, Neuenburg, Freiburg, Bern, Genf, Wallis und Waadt gezählt; der Rest zur Ostschweiz. Das Tessin wurde aufgrund der geringen Datenmenge (n = 16) nicht als eigene Region sondern gemeinsam mit der Ostschweiz beschrieben.

Insgesamt enthält der Datensatz 709 Proben von 406 Untersuchungsstellen mit der FLOZ 1 oder 2 aus dem Zeitraum 2005 bis 2013. 518 Proben von 215 Stellen stammen von den kantonalen Gewässerschutzfachstellen. 191 Untersuchungen von ebenso vielen Stellen stellte das BDM CH zur Verfügung (Fig. 4).

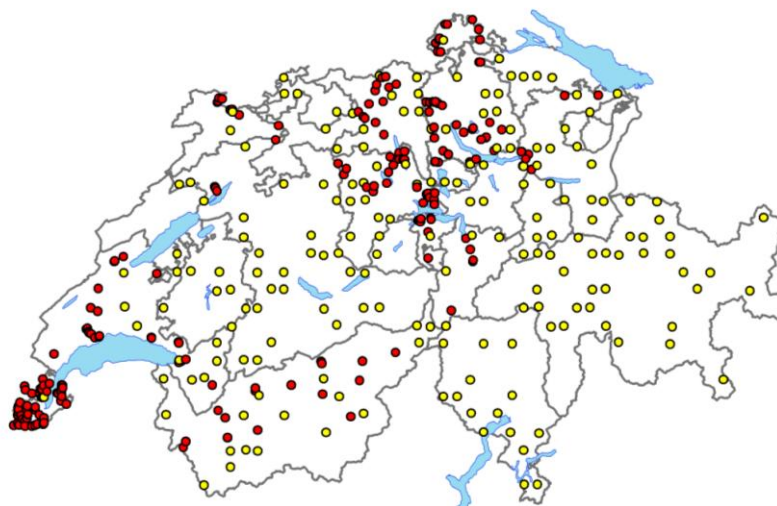


Fig. 4 Alle untersuchten Fliessgewässer-Standorte (n = 406) im Zeitraum von 2005 bis 2013, aufgeschlüsselt nach dem Ursprung der Daten (gelbe Punkte: BDM CH, rote Punkte: Kantonale Gewässerschutzfachstellen)

218 Proben (31 %) bzw. 78 Stellen (19 %) konnten der FLOZ 1 zugeordnet werden; mehr als zwei Drittel (n = 53) der Fliessgewässer mit der FLOZ 1 liegen in der Westschweiz; knapp ein Drittel (n = 25) in der Ostschweiz. 491 Proben (69 %) und 328 Stellen (81 %) waren kleine Fliessgewässer mit der FLOZ 2. Hier liegen knapp zwei Drittel (n = 205) in der Ostschweiz und gut ein Drittel in der Westschweiz (n = 123) (Fig. 5).

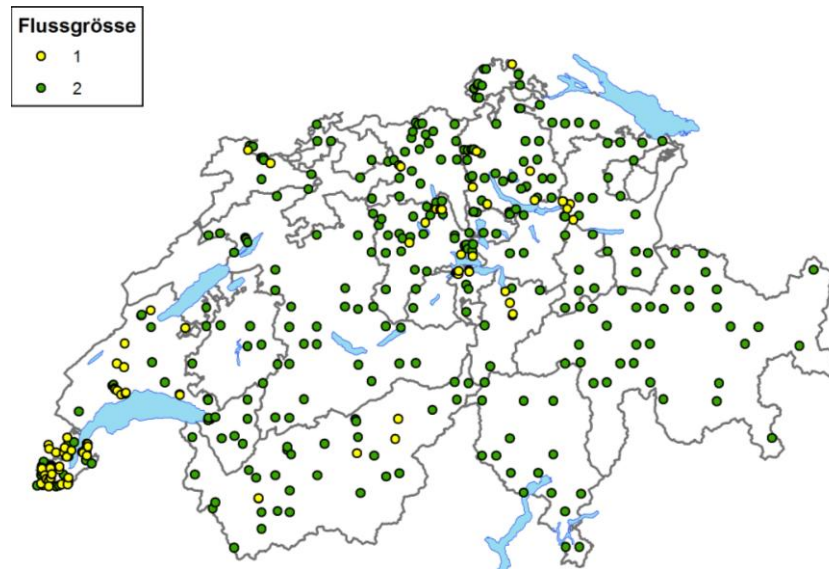


Fig. 5 Alle untersuchten Fliessgewässer-Standorte (n = 406) im Zeitraum von 2005 bis 2013, aufgeschlüsselt nach Flussgrösse (FLOZ 1 und FLOZ 2)

Die Sohlenbreiten der untersuchten Gewässer mit einer FLOZ 1 oder 2 sind sehr unterschiedlich. Das „kleinste“ Gewässer wurde im Kanton Bern untersucht und war 0,2 Meter breit; das „grösste“ kleine Fliessgewässer hatte eine Breite von 15 Metern und liegt im Kanton Wallis. Der Mittelwert der Gewässerbreite von den untersuchten Gewässern beträgt 2,1 Meter bei einem Median von 1,6 Meter. Pro Jahr wurden mindestens 57 Stellen (Jahr 2013) und maximal 101 Stellen (Jahr 2010) untersucht. Die Anzahl der Untersuchungen pro Jahr und Untersuchungsstelle variierte zwischen eins und vier. Neben einmaligen Untersuchungen wurden die Untersuchungen an bestimmten Stellen im Zeitraum von 2005 bis 2013 bis zu zehn Mal wiederholt. Teilweise wurden Stellen bis zu fünf Jahre in Folge untersucht. Die meisten Probenahmen erfolgten im Frühling (März, April, Mai) gefolgt vom Spätherbst (November) (Fig. 6). Der Anstieg der Probenahmen im Frühling 2010 ist auf den Start des BDM CH zurückzuführen.

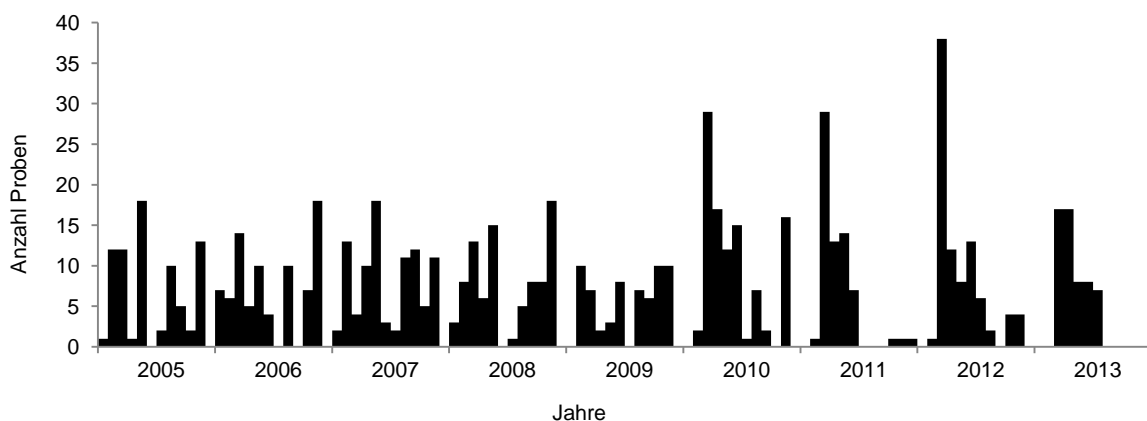


Fig. 6 Anzahl der Makrozoobenthos-Proben pro Monat im Zeitraum 2005 bis 2013

70 Prozent der Untersuchungen (n = 497) wurde im Hügelland in einer Höhe zwischen 0 bis 600 m ü. M. durchgeführt, mit 16 Prozent (n = 110) und 14 Prozent (n = 102) fanden weit weniger Untersuchungen in der Bergstufe zwischen 601 bis 1200 m ü. M. und in der Alpenstufe zwischen 1201

bis 2600 m ü. M. statt (Fig. 7). Die Proben des BDM CH sind über alle Höhenstufen annähernd gleichmässig verteilt; die Proben der kantonalen Gewässerschutzfachstellen liegen hauptsächlich im Hügelland.

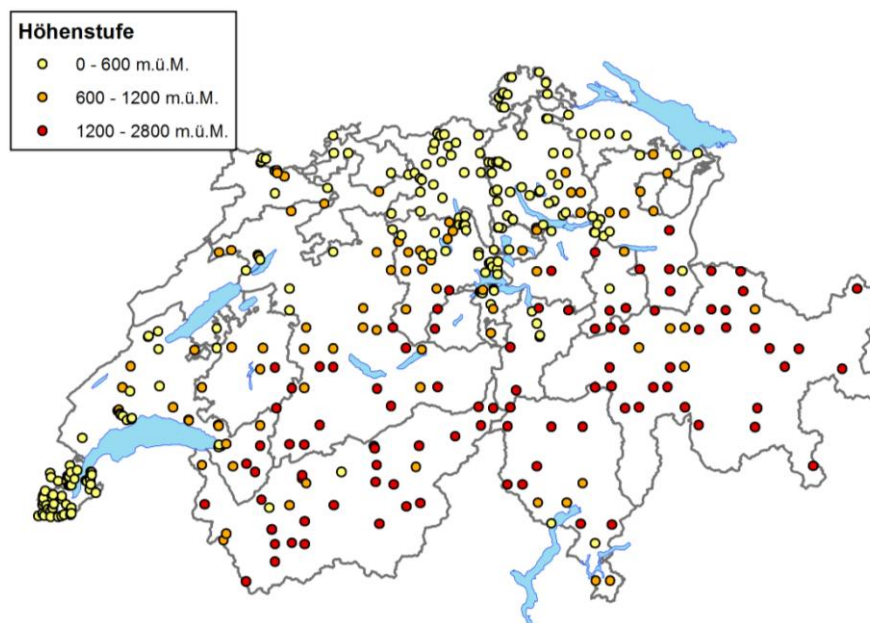


Fig. 7 Alle untersuchten Fließgewässer-Standorte (n = 406) im Zeitraum von 2005 bis 2013, aufgeschlüsselt nach drei Höhenstufen

Für die Beurteilung des Gewässerzustandes wurden verschiedene Indices herangezogen. Dies waren hauptsächlich der IBGN, IBCH und der Makroindex. 236 Proben an 230 Stellen wurden nach dem Modul-Stufen-Konzept MZB (Stucki, 2010) beurteilt (191 Stellen und Proben vom BDM CH). Anhand des Entwurfs des Moduls Makrozoobenthos von 2005 (IBGN) wurden 361 Proben von insgesamt 131 Stellen bewertet. Bei 107 Proben von 37 Stellen beruht die Beurteilung des Gewässerzustandes auf dem Makroindex. Bei acht weiteren Stellen bzw. Proben erfolgte die Bewertung anhand des Saprobienindex. Die Anteile der unterschiedlichen Indices sind in Fig. 8 zu sehen. Die Erhebung der Daten für die Berechnung des IBCH, des IBGN und des Makroindex erfolgte standardisiert.

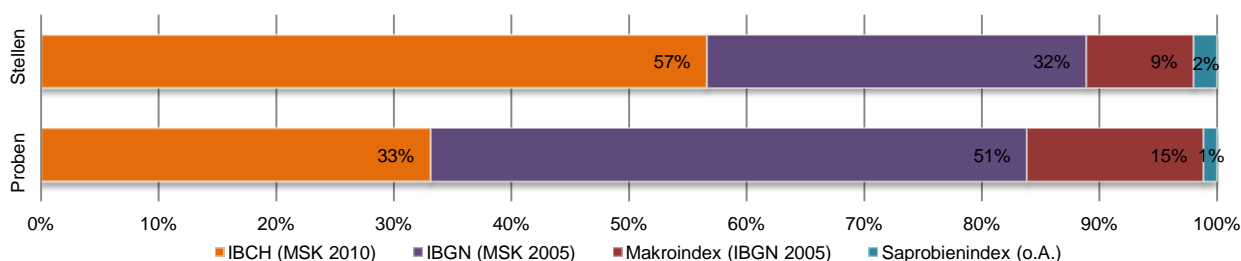


Fig. 8 Prozentuale Verteilung der verschiedenen angewandten Indices (Erhebungsmethoden) der Makrozoobenthos-Proben von kleinen Fließgewässern im Zeitraum von 2005 bis 2013

Fig. 9 zeigt die Verteilung der angewandten Indices über die gesamte Schweiz. Während die Beurteilung mittels IBCH gleichmässig über alle Kantone verteilt angewendet wurde, zeigen sich bei

den IBGN-Stellen deutliche Hotspots in den Kantonen Genf, Zürich und Waadt, sowie eine Häufung der Bewertung mittels Makroindex in den Urkantonen.

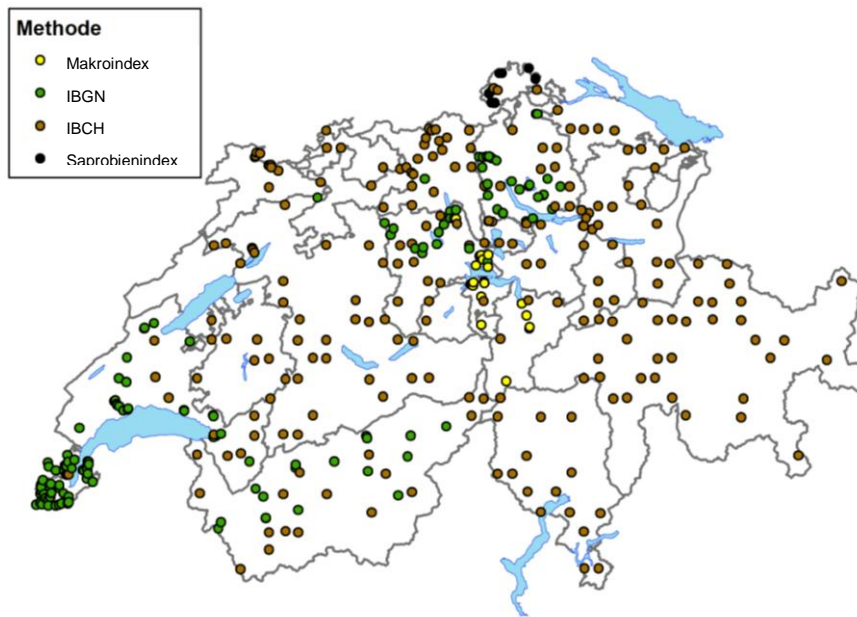


Fig. 9 Alle untersuchten Fließgewässer-Standorte (n = 406) im Zeitraum von 2005 bis 2013, aufgeschlüsselt nach den verwendeten Auswertungsmethoden (Indices)

Die Resultate der Untersuchungen wurden unterschiedlich archiviert. Beim BDM CH erfolgt die Aufnahme nach Modul-Stufen-Konzept 2010 (Stucki, 2010): die Anzahl der Individuen werden bis zu zehn genau angegeben, ab elf Individuen wird die Abundanzklassen angegeben. Bis auf die Ephemeroptera, Plecoptera und Trichoptera (EPT) werden beinahe alle faunistischen Gruppen bis auf die Stufe der Familie bestimmt. Die EPT-Bestimmung hingegen erfolgt beim BDM CH auf Artniveau. Bei den vom CSCF zur Verfügung gestellten Untersuchungen liegt die Bestimmung des Makrozoobenthos von Familien- bis auf Artniveau vor. Auch hier erfolgt die Angabe der Individuenzahlen in Abundanzklassen (1 bis 5). Bei den Daten, die direkt von den kantonalen Gewässerschutzfachstellen bereitgestellt wurden, erfolgt die Erhebung und Auswertung meist mittels MSK Makrozoobenthos (Stucki, 2010). So werden die faunistischen Gruppen grossteils auf Familienniveau bestimmt. Die Individuenzahlen wurden überwiegend in Abundanzklassen archiviert (Stucki, 2010).

4. ZUSTAND DER KLEINEN FLIESSGEWÄSSER

Wie bereits beschrieben, variieren die Erhebungsmethoden und Auswertungsmethoden bei den zur Verfügung gestellten Untersuchungen. Trotzdem wurde versucht, über alle Untersuchungen hinweg eine gemeinsame Aussage bezüglich des Gewässerzustandes zu treffen. Dafür wurde jede einzelne Probe anhand ihrer Beurteilung bezüglich der Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK bewertet. Für jede untersuchte Stelle lag ein Bewertung vor (IBCH, IBGN, Makroindex oder Saprobienindex), anhand derer die Beurteilung bezüglich Erfüllung ökologische Ziele nach MSK vorgenommen wurde. In Fig. 10 sind die vorliegenden Indices in Bezug zu den ökologischen Zielen gemäss MSK bzw. nach „Zielerfüllung SPEAR“ und „Nicht-Zielerfüllung SPEAR“ dargestellt.

	IBCH / IBGN	Makroindex	Saprobienindex *	SPEAR _{pesticide} -Index	
Ökolog. Ziele erfüllt	1: sehr gut (IBCH/IBGN 17 bis 20)	1: sehr gut (Makroindex 1 und 2)	I: unbelastet bis sehr gering belastet (SI 1,0 - < 1,5)	1: sehr gut (SPEAR > 44%)	Zielerfüllung SPEAR
	2: gut (IBCH/IBGN 13 bis 16)	2: gut (Makroindex 3)	I-II: gering belastet (SI 1,5 - < 1,8) II: mässig belastet (SI: 1,8 - < 2,3)	2: gut (SPEAR 33-44%)	
Ökologische Ziele nicht erfüllt	3: mässig (IBCH/IBGN 9 bis 12)	3: mässig (Makroindex 4)	II-III: kritisch belastet (SI 2,3 - < 2,7)	3: mässig (SPEAR 22-33%)	Nicht-Zielerfüllung SPEAR
	4: unbefriedigend (IBCH/IBGN 5 bis 8)	4: unbefriedigend (Makroindex 5 und 6)	III: stark verschmutzt (SI 2,7 - 3,2)	4: unbefriedigend (SPEAR 11-22%)	
	5: schlecht (IBCH/IBGN 0 bis 4)	5: schlecht (Makroindex 7 und 8)	III - IV: sehr stark verschmutzt (SI 3,2 - < 3,5) IV: übermässig verschmutzt (SI 3,5 - < 4,0)	5: schlecht (SPEAR 0-11%)	

*Fig. 10 Ökologischer Zustand der Fließgewässer beurteilt nach IBCH, IBGN, Makroindex, Saprobienindex und SPEAR_{pesticide}-Index. Oberhalb der strichlierten Linie erreichen die Fließgewässer nach MSK die ökologischen Ziele, unterhalb der strichlierten Linie sind die ökologischen Ziele nach MSK nicht erreicht. Beim SPEAR_{pesticide}-Index werden Werte oberhalb der strichlierten Linie der Zielerfüllung und Werte unterhalb der Nicht-Zielerfüllung zugeschrieben. * Beim Saprobienindex werden im Gegensatz zu den anderen Indices nicht die obersten zwei Klassen sondern die obersten drei Klassen nach gängiger Aufteilung der Erfüllung der ökologischen Ziele zugeordnet.*

Von den 709 Proben verfehlt knapp die Hälfte (49,4%) die ökologischen Ziele nach MSK oder es ist zumindest fraglich, da die Lebensgemeinschaft des MZB weder naturnah, noch standortgerecht, sich selbst reproduzierend oder sich selbst regulierend war. Die Vielfalt und die Häufigkeit der Arten in diesen Proben waren untypisch für nicht oder nur schwach belastete Gewässer.

Die anhand des MZB indizierte Gewässerqualität hängt von verschiedenen Faktoren ab. Vor allem die Struktur des Gewässers, die Landnutzung im Einzugsgebiet, die Wasserführung und die Wassertemperatur beeinflussen den Gewässerzustand. Für die Interpretation der Untersuchungsergebnisse ist es ausserdem unerlässlich den Probenahmeort (Höhe), den Probenahmezeitpunkt (Saisonalität) sowie die Erhebungs- und Auswertungsmethode zu kennen. Im Folgenden wird der Datensatz auf diese Einflussfaktoren hin untersucht.

4.1. Gewässergrösse

Untersuchungen an Gewässern mit der FLOZ 1 liegen nur von den kantonalen Gewässerschutzfachstellen vor und wurden oft mehrmals untersucht. Das BDM CH führte keine Untersuchungen an Gewässern mit der FLOZ 1 durch. Knapp ein Drittel der Proben der kantonalen Gewässerschutzstellen wurde an Kleinstgewässern mit einer FLOZ 1 entnommen. Solche Kleinstgewässer machen circa ein Fünftel aller Untersuchungsstellen aus.

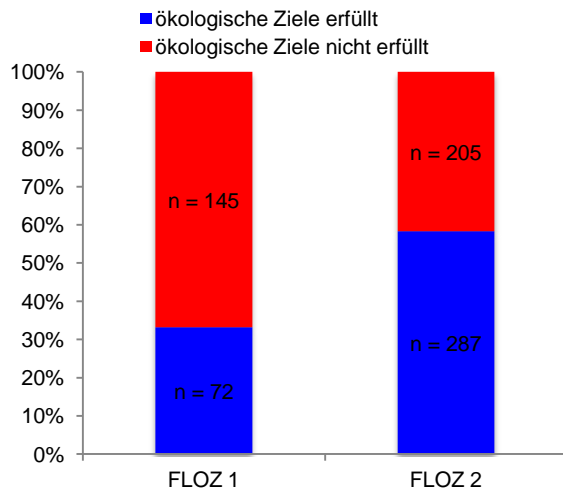


Fig. 11 Anteil aller Proben aufgeschlüsselt nach Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK an Fliessgewässer mit der FLOZ 1 oder 2

In Fig. 11 wird deutlich, dass gerade bei Kleinstgewässern mit einer FLOZ 1 in vielen Fällen die ökologischen Ziele nach MSK nicht eingehalten werden. Zwei Drittel ($n = 145$) der Fliessgewässer mit einer FLOZ 1 erfüllen die ökologischen Ziele nicht. Bei den Fliessgewässern mit der FLOZ 2 erfüllen 58 Prozent aller untersuchten Proben die ökologischen Ziele nach MSK. Es ist allerdings zu beachten, dass die FLOZ 1 Gewässer nicht vom BDM CH untersucht wurden und daher weniger repräsentativ sind. Die Untersuchungsstellen der kantonalen Gewässerschutzfachstellen wurden zum Teil bereits aufgrund von bekannten Belastungen ausgewählt und befanden sich grossteils in intensiv genutzten tiefen Gebieten.

4.2. Höhenlage

Betrachtet man die Proben in Abhängigkeit von ihrer Höhenstufe wird deutlich, dass vor allem in tiefen Lagen die ökologischen Ziele nach MSK nicht erfüllt werden. Die grössten Defizite liegen zwischen 301 und 400 m ü. M., wo über 70 Prozent der Lebensgemeinschaften der Wasserwirbellosen ($n = 87$) auf ungenügende ökologische Verhältnisse schliessen lassen. Auch in der Stufe zwischen 401 und 500 m ü. M. verfehlen noch 57 Prozent der Proben ($n = 166$) die ökologischen Ziele gemäss MSK. Oberhalb von 600 m ü. M. überwiegt - beurteilt anhand des Makrozoobenthos - tendenziell ein guter Gewässerzustand (Fig. 12).

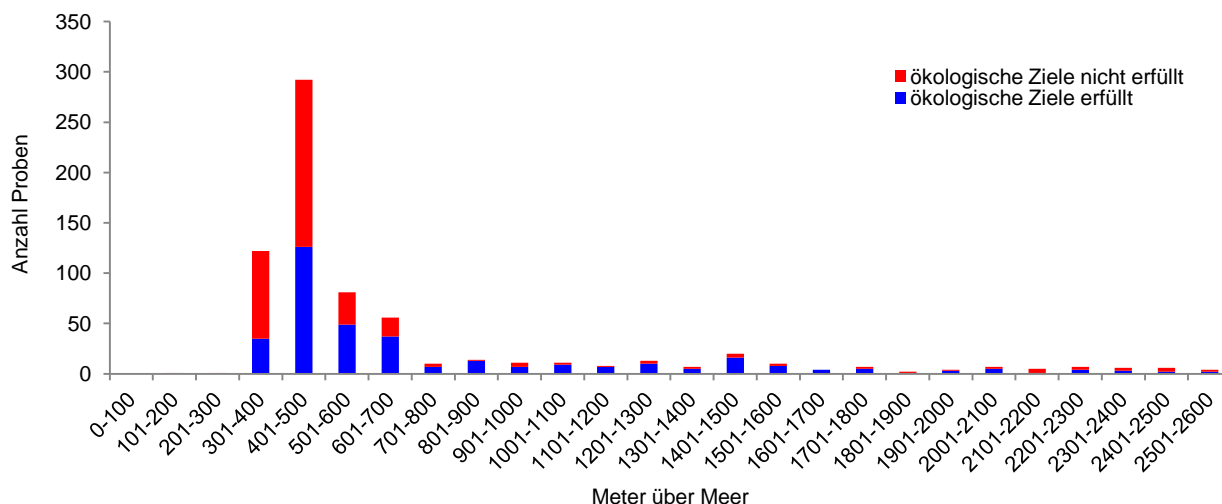


Fig. 12 Anzahl aller Proben an Fließgewässer der FLOZ 1 und 2 aufgeschlüsselt nach Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK pro 100 m Höhenstufe im Zeitraum von 2005 bis 2013

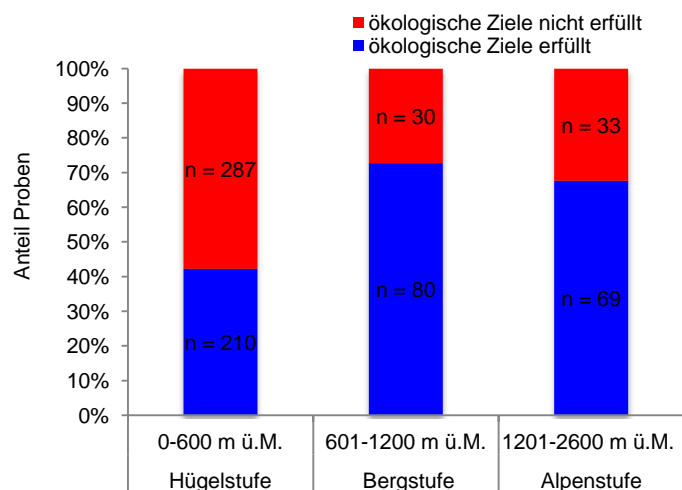


Fig. 13 Anzahl der Fließgewässer aufgeschlüsselt nach Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung der Anforderungen der ökologischen Ziele nach MSK pro Höhenstufe im Zeitraum von 2005 bis 2013

Mit 58 Prozent der Proben zwischen 0 und 600 m ü. M. verfehlen mehr als die Hälfte der Untersuchungen in der Hügelstufe die ökologischen Ziele nach MSK (Fig. 13). Die Gründe für das schlechtere Abschneiden in dieser Höhenlage dürften vermutlich im grösseren Nutzungsdruck (Landwirtschaft, Siedlung, Verkehr; vgl. Kapitel 4.6 Landnutzung) und bei den grösseren ökomorphologischen Defiziten liegen.

Bei den Proben oberhalb von 600 m ü. M. kann mehrheitlich ein guter ökologischer Zustand festgestellt werden. Dass in der Alpenstufe der Anteil an Proben, deren Beurteilung negativ ausfiel, gegenüber der Bergstufe wiederum leicht zunimmt, lässt sich dadurch erklären, dass in kalten Gebirgsflüssen auch unbeeinflusste Fließgewässer eine geringere faunistische Diversität aufweisen und sie dadurch eine schlechtere Bewertung erhalten können. Im Modul Makrozoobenthos wird bereits darauf verwiesen, dass ausserhalb der oberen Forellenregion und der mittleren Cyprinidenregion der IBCH auch in nicht beeinträchtigten Fließgewässern deutlich geringer ist (Stucki, 2010). Daher fallen in der vorliegenden Beurteilung in der Berg- und der Alpenstufe die Resultate tendenziell pessimistischer aus als erwartet.

4.3. Geographische Lage

Die Anzahl der untersuchten Stellen und Proben variiert stark von Kanton zu Kanton. Aus zwei Kantonen (Basel-Stadt und Appenzell Innerrhoden) liegen keine Daten vor; alle anderen sind

zumindest mit einer Stelle bzw. mit einer Untersuchung in dieser Auswertung vertreten. Mit 206 Untersuchungen an 54 Untersuchungsstellen stellte der Kanton Genf den grössten Datensatz zur Verfügung. Auch wurden hier die meisten Kleinstgewässer (FLOZ 1) beprobt (133 Proben an 32 Stellen). Die Verteilung der Stellen und Proben über die gesamte Schweiz ist somit, was die Gewässergrösse betrifft, nicht homogen.

Ein Grossteil (71 %; n = 155) der Proben an Kleinstgewässer (FLOZ 1) wurde in der Westschweiz untersucht. 43 Prozent (n = 214) der Fliessgewässer mit einer FLOZ 2 liegen in der Westschweiz. Bei den Kleinstgewässern (FLOZ 1) werden sowohl in der Ost- als auch in der Westschweiz die ökologischen Ziele nach MSK in über der Hälfte aller Fälle nicht erfüllt. In der Westschweiz liegt der Prozentsatz der Nichterfüllung bei 72 Prozent aller FLOZ 1 Gewässer; in der Ostschweiz bei 55 Prozent der FLOZ 1 Gewässer (Fig. 14). Hier ist zu beachten, dass der Grossteil der FLOZ 1 Gewässer aus dem Kanton Genf stammt, und somit die Repräsentativität für die gesamte Region nicht gegeben ist.

Bei den Bächen mit der FLOZ 2 werden die ökologischen Ziele etwas öfter erreicht. 55 Prozent der Proben in der Westschweiz (n = 118) und 61 Prozent der Proben in der Ostschweiz (n = 169) erfüllen die ökologischen Anforderungen nach MSK (Fig. 15). Insgesamt erfüllen 58 Prozent der FLOZ 2 Gewässer die Anforderungen; bei den Proben der kantonalen Gewässerschutzfachstellen waren es mit 53 Prozent etwas weniger Stellen. Beim BDM CH hingegen halten 66 Prozent die Anforderungen ein.

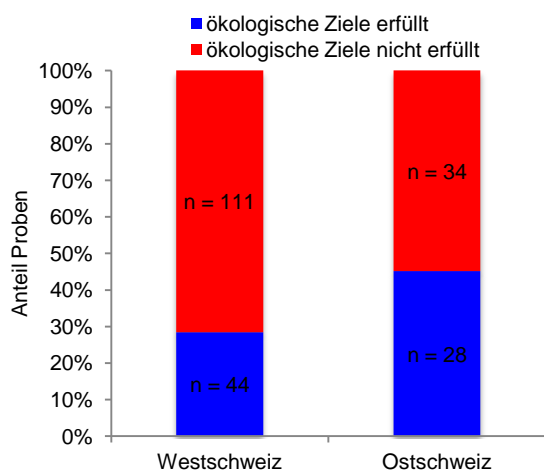


Fig. 14 Anteil der Fliessgewässer mit der FLOZ 1 aufgeschlüsselt nach Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK in der West- und Ostschweiz

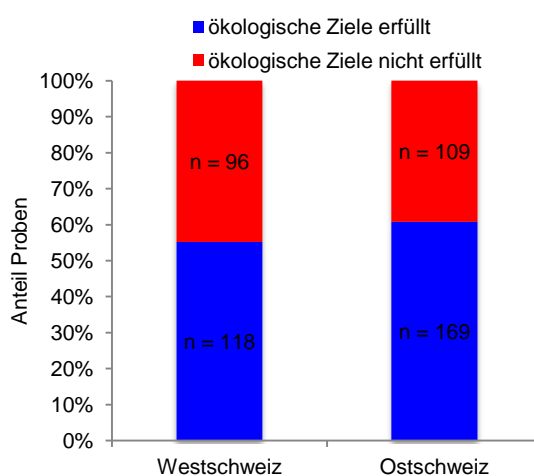


Fig. 15 Anteil der Fliessgewässer mit der FLOZ 2 aufgeschlüsselt nach Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK in der West- und Ostschweiz

4.4. Probenahmezeitpunkt

Neben der Höhenlage ist der Zeitpunkt der Probenahme ein weiterer wichtiger Faktor für die Beurteilung der MZB-Untersuchungen. Einerseits können äussere Einflüsse den Gewässerzustand beeinflussen (z.B. geringerer landwirtschaftlicher Nutzungsdruck im Frühjahr oder stärkere Belastung im Winter durch Tourismus), andererseits kann die Bewertung anhand des MZB auch ohne äusseren Einfluss schwanken. Ausschlaggebend ist hier der biologische Lebenszyklus der Wasserwirbellosen

und die mögliche Veränderung der Bewohnbarkeit des Habitats im Laufe eines Jahres (z.B. Wachstum der Wasserpflanzen in Tieflandflüssen im Sommer) (Stucki, 2010).

Betrachtet man die vorliegenden Daten, zeigen sich vor allem bei den Untersuchungen in der zweiten Jahreshälfte grössere gewässerökologische Defizite. In den Monaten Februar, Juni und von August bis November überwiegen die Untersuchungen, die eine unzureichende Beurteilung aufweisen. In den Monaten Januar, März, April, Mai und Juli dominieren die Untersuchungen, die die ökologischen Ziele erfüllen. Aus dem Monat Dezember liegt nur eine einzige Probe vor (Fig. 16).

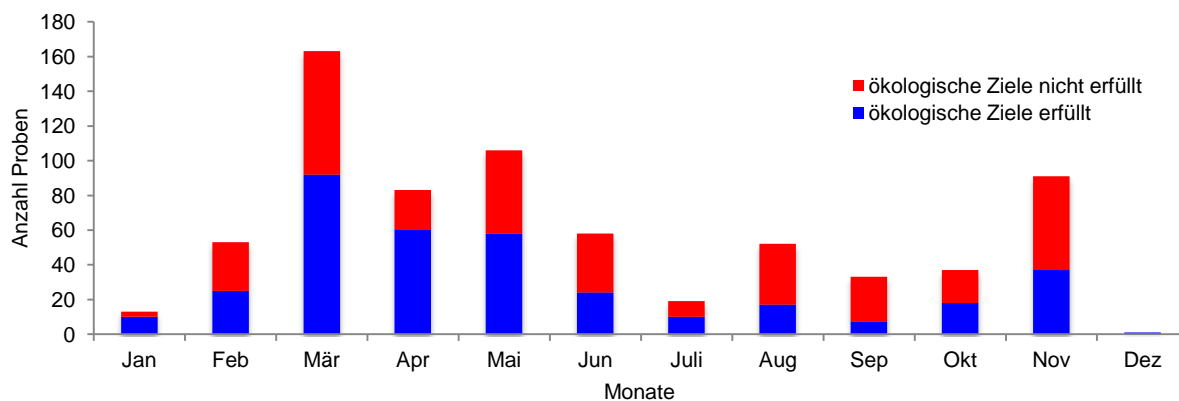


Fig. 16 Anzahl der Fliessgewässeruntersuchungen aufgeschlüsselt nach Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK pro Monat im Zeitraum von 2005 bis 2013 sowie die Anzahl der Proben pro Monat

4.5. Indices

Für die Beurteilung von Flüssen und Bächen stehen verschiedene Indices zur Verfügung, die teils bereits seit Jahrzehnten erhoben werden. Die methodischen Grundlagen für die Probenahme und der verwendete Index können die Beurteilung des Gewässerzustandes beeinflussen.

In der Schweiz wurden auch in den vergangenen Jahren unterschiedliche Indices eingesetzt. Nebst dem Saprobienindex (S), dem Makroindex (MI) oder dem Indice biologique normalisé (IBGN) wird seit 2010 vermehrt der Indice biologique CH (IBCH) verwendet. Die leicht unterschiedliche Art der Probenahme und der Indexberechnung ist wesentlich für die Interpretation der Untersuchungsergebnisse. Im Folgenden werden die einzelnen Indices separat besprochen und analysiert.

4.5.1. Indice biologique CH (IBCH)

Von den 236 IBCH-Probenahmen seit 2010 erfolgten 191 durch das BDM CH; die restlichen 45 Untersuchungen wurden von kantonalen Gewässerschutzfachstellen zur Verfügung gestellt. Die Anzahl der Proben pro Jahr liegt zwischen 46 und 74. Da das BDM CH Kleinstgewässer mit FLOZ 1 nicht untersucht, sind diese hier mit 12 Stellen unterrepräsentiert.

Betrachtet man die Auswertung mittels IBCH, erfüllen 60 Prozent der Proben die ökologischen Ziele nach MSK. Die grössten Defizite befinden sich in tiefen Lagen unterhalb von 600 m ü. M. Die Untersuchungen in dieser Höhenlage machen mehr als 50 Prozent der Untersuchungen aus, die die

ökologischen Ziele nach MSK nicht erfüllen; rund 30 Prozent davon liegen in der Höhenstufe zwischen 401 und 500 m ü. M. (Fig. 17).

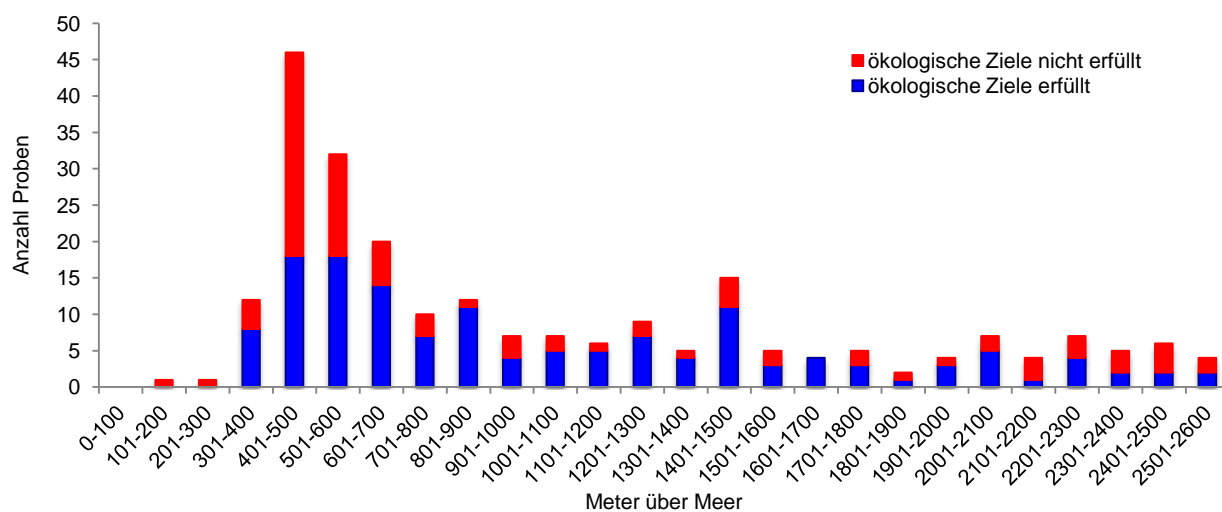


Fig. 17 Anzahl der IBCH-Proben (MSK 2010) an Fließgewässern der FLOZ 1 und 2 aufgeschlüsselt nach Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK pro 100 m Höhenstufe im Zeitraum von 2005 bis 2013

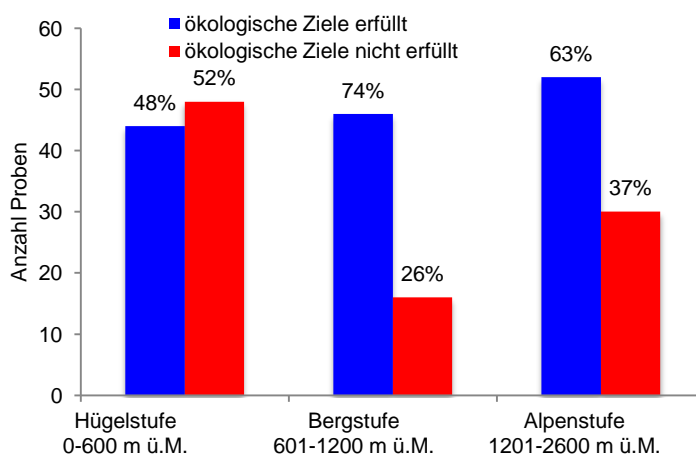


Fig. 18 Anzahl der IBCH-Proben (MSK 2010) aufgeschlüsselt nach Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK pro Höhenstufe im Zeitraum von 2005 bis 2013

Ausserhalb des Flachlandes entspricht die biologisch indizierte Wasserqualität mehrheitlich den ökologischen Zielsetzungen (Fig. 18). In der Bergstufe verfehlen 26 Prozent der Proben die ökologischen Ziele nach MSK, in der Alpenstufe 37 Prozent der Proben.

Der mittlere IBCH-Wert aller Proben nach der MSK-Methode liegt bei 11,3 für die Hügelstufe von 0 bis 600 m ü. M. Dies entspricht einem mässigen biologischen Gewässerzustand, der die ökologischen Ziele nach MSK nicht erfüllen würde und auf gewässerökologische Defizite in dieser Höhenstufe hindeutet. Der mittlere IBCH-Wert von 13,7 in der Bergstufe (601 bis 1200 m ü. M.) lässt einen besseren allgemeinen Gewässerzustand in dieser Höhenlage vermuten. Auch ist die mittlere Anzahl der IBCH-Taxa leicht höher als in der Hügelstufe (22,7 Arten im Vergleich zu 19,3 Arten). Die geringste Taxavielfalt zeigt sich in der Alpenstufe (1201 bis 2600 m ü. M.) mit durchschnittlich 16,2 Arten. Der mittlere IBCH-Wert liegt für die Alpenstufe bei 12,0 (Fig. 19).

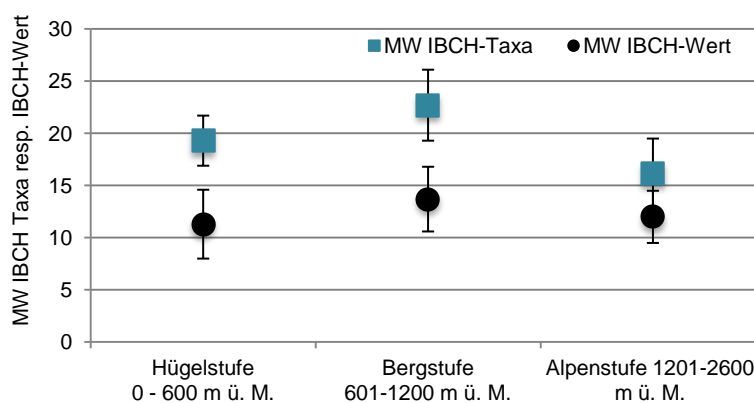


Fig. 19 Mittelwerte der IBCH-Taxazahl sowie des IBCH-Wertes aller IBCH-Proben (MSK 2010) mit FLOZ 1 oder 2 im Zeitraum von 2005 bis 2013 in drei verschiedenen Höhenstufen

Dass in der alpinen Stufe der IBCH-Wert nicht den Erwartungen für wenig belastete Gewässer entspricht, lässt sich wohl auf die geringere Anzahl biogener Habitate in den Bergbächen zurückführen. Diese können folglich weniger gut von wirbellosen Wassertieren besiedelt werden. Die taxonomische Diversität in der alpinen Stufe ist dementsprechend geringer, so dass in kalten, nährstoffarmen Alpengewässern auch ohne eine Beeinträchtigung mit einem niedrigeren Index-Wert gerechnet werden muss (Stucki, 2010). Dass dennoch rund zwei Drittel der IBCH-Proben aus der Alpenstufe den ökologischen Anforderungen entsprechen, dürfte am grösseren Anteil sensibler Arten liegen. Diese Arten sind auf eine sehr gute Wasserqualität angewiesen.

IBCH: BDM CH vs. Kantonale Gewässerschutzfachstellen

Wie bereits beschrieben, wurden die Untersuchungsstellen des BDM CH mittels eines systematischen Stichprobengitters und somit unabhängig von Landnutzung und allfälligen Belastungssituationen ausgewählt. Die Anzahl der Proben, die die ökologischen Anforderungen nach MSK erfüllen, ist mit rund 66 Prozent grösser als beim Total der Proben nach dem MSK Makrozoobenthos (Stucki, 2010) oder bei allen verfügbaren Untersuchungen. Ein Drittel der Proben der kantonalen Gewässerschutzfachstellen erfüllen die ökologischen Ziele und Anforderungen; hingegen erfüllen zwei Drittel der Proben des BDM CH die gewässerökologischen Anforderungen nach MSK.

Die Ursache für diese konträre Verteilung liegt mit grosser Wahrscheinlichkeit bei der Auswahl der Probenstellen. Die kantonalen Messstellen befinden sich meist im tief gelegenen Siedlungsgebiet oder in landwirtschaftlichen Gebieten und wurde oft aufgrund eines vorgängigen Verdachts auf Gewässerverschmutzung ausgewählt; die des BDM CH liegen oft in höheren Lagen mit geringerem Nutzungsdruck. In Fig. 20 und Fig. 21 sind die unterschiedlichen Untersuchungen nach dem MSK Makrozoobenthos (Stucki, 2010) des BDM CH und der kantonalen Untersuchungen in Abhängigkeit von der Höhenlage (100 m Stufen) dargestellt. Die Fig. 22 und Fig. 23 stellen die Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK pro Höhenstufe für die beiden Datenmengen dar. Hier ist zu erkennen, dass auch bei den BDM CH Untersuchungen in tiefen Lagen tendenziell mehr Proben die ökologischen Ziele nach MSK nicht erfüllen als in höheren Lagen. So verfehlen in der Hügelstufe 42 Prozent der BDM CH Proben die gewässerökologischen Anforderungen, in den der Bergstufe 21 Prozent und in der Alpenstufe 37 Prozent der Proben.

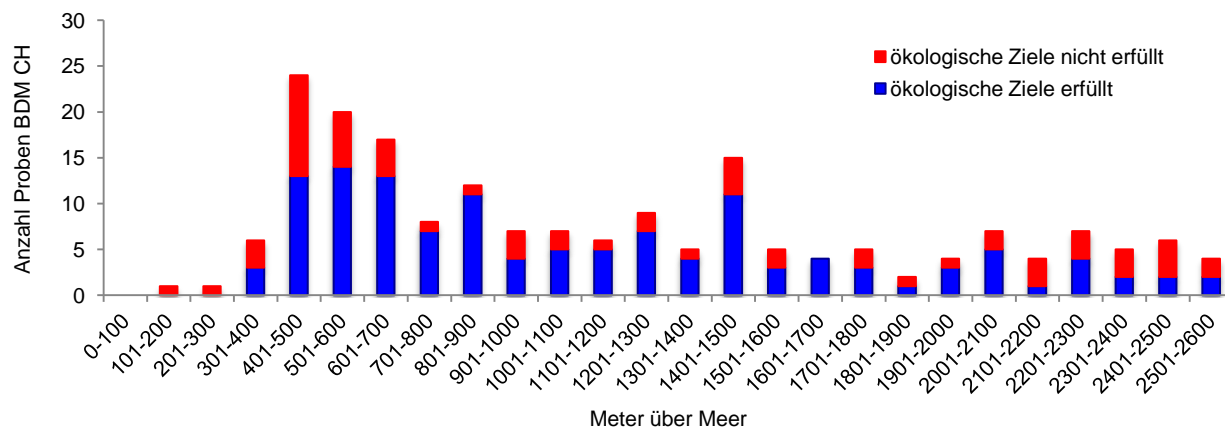


Fig. 20 Anzahl der BDM CH-Proben an Fließgewässer mit FLOZ 2 aufgeschlüsselt nach Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung der Anforderungen der ökologischen Ziele nach MSK pro 100 m Höhenstufe im Zeitraum von 2010 bis 2013

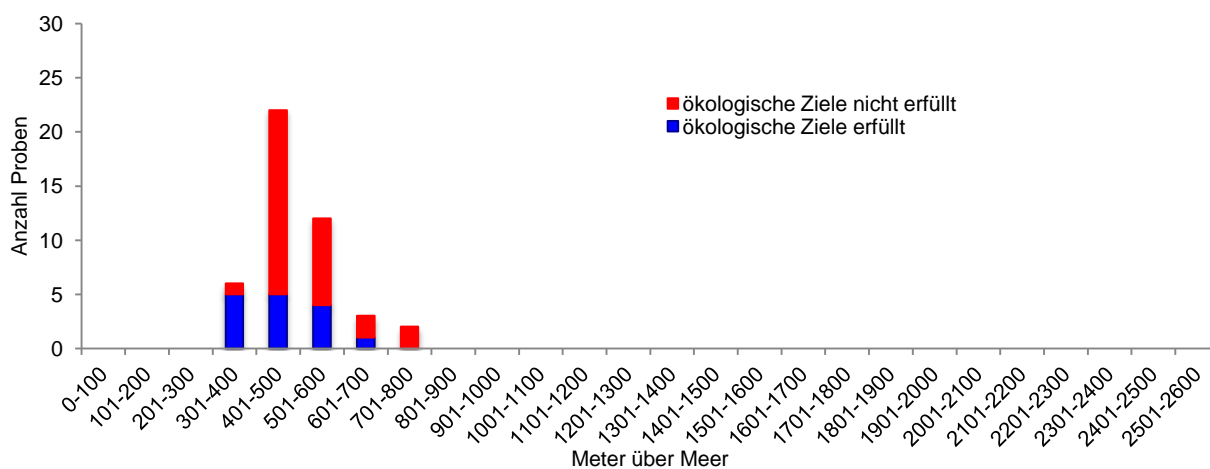


Fig. 21 Anzahl der IBCH-Proben der kantonalen Gewässerschutzfachstellen an Fließgewässer mit der FLOZ 1 oder 2 aufgeschlüsselt nach Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK pro 100 m Höhenstufe im Zeitraum von 2005 bis 2013

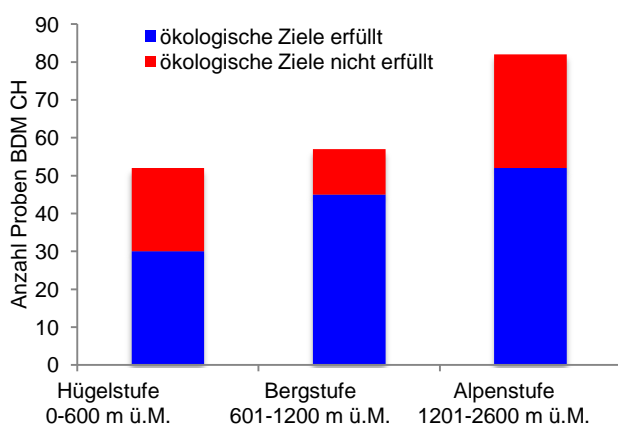


Fig. 22 Anzahl der BDM CH-Proben aufgeschlüsselt nach Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK in drei Höhenstufe im Zeitraum von 2010 bis 2013

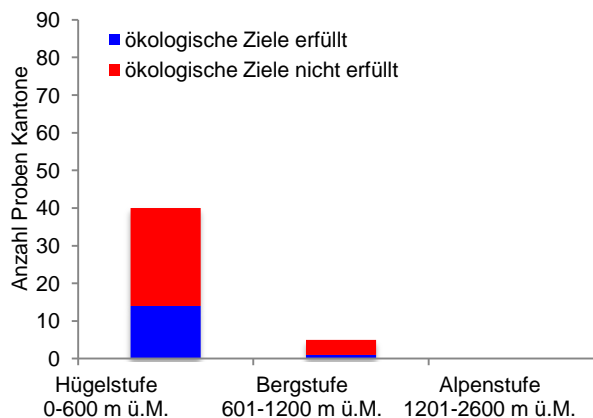


Fig. 23 Anzahl der IBCH Proben der kantonalen Gewässerschutzfachstellen aufgeschlüsselt nach Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK in drei Höhenstufe im Zeitraum von 2005 bis 2013

Generell liefert der IBCH die zuverlässigsten Ergebnisse für die Bewertung des Gewässerzustandes von Fließgewässern des Epirithrals (obere Forellenregion) bis zum Epipotamal (mittlere Cyprinidenregion). Wird die Methode ausserhalb dieser typologischen Region eingesetzt, kann der erreichbare Maximalwert bei nicht beeinträchtigten Fließgewässern deutlich geringer ausfallen (Stucki, 2010). Es ist auch fraglich, ob der IBCH für sehr kleine Fließgewässer im gleichen Masse geeignet ist (mündlich Dr. Verena Lubini).

4.5.2. Indice biologique global normalisé (IBGN)

In der Schweiz wurden im Zeitraum von 2005 bis 2013 insgesamt 361 Untersuchungen an 131 Stellen mittels dieser Methode (BUWAL, 2005) durchgeführt und zur Verfügung gestellt. Davon wurden 163 MZB-Proben an Kleinstgewässern mit FLOZ 1 und 198 Proben von Flüssen mit FLOZ 2 untersucht. Die Masse der Untersuchungen stammt aus dem Kanton Genf mit 205 Proben, wovon 123 Proben aus Kleinstgewässern (FLOZ 1) entnommen wurden. Der Grossteil der restlichen Untersuchungen stammt aus den Kantonen Zürich, Waadt und Wallis. Die Auswahl der Probenahmestellen erfolgte zum Teil mit der Kenntnis von Belastungen an den beprobten Stellen, zum Teil aber auch ohne das Wissen über vorhandenen Defizite. Die Anzahl der IBGN-Proben war innerhalb des Zeitraums von 2005 bis 2013 rückläufig. Wurde im Jahr 2005 noch für 68 Proben der IBGN berechnet, so liegt aus dem Jahr 2012 nur noch eine einzige IBGN-Untersuchung vor und für 2013 gar keine mehr.

Bei 60 Prozent der Proben ($n = 215$) ist der gewässerökologische Zustand anhand des IBGN soweit beeinträchtigt, dass die ökologischen Ziele und Anforderungen an die Wasserqualität gemäss MSK nicht erfüllt wird. In Fig. 24 sind die IBGN-Beurteilungen nach Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK pro 100 m Höhenstufe dargestellt. Die grössten Defizite werden in der Höhenstufe zwischen 301 und 500 m ü. M festgestellt.

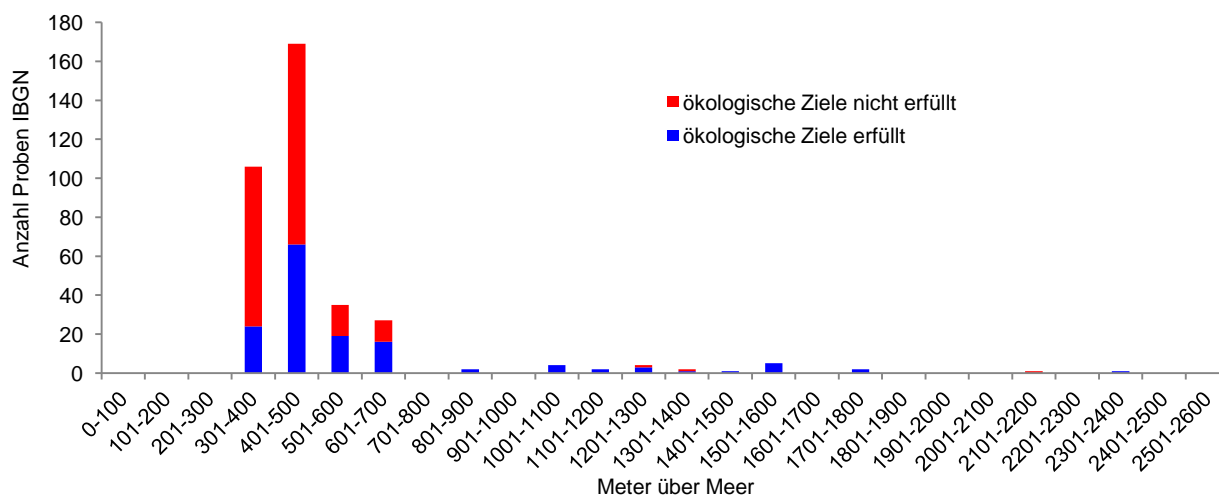


Fig. 24 Anzahl der IBGN-Proben an Fließgewässern mit FLOZ 1 und 2 aufgeschlüsselt nach Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK pro 100 m Höhenstufe von 2005 bis 2013

Die meisten Fließgewässer mit grossen Defiziten in der biologisch indizierten Gewässerqualität liegen in der Hügelstufe. Knapp 65 Prozent der Fließgewässerproben verfehlen in dieser Höhenstufe die ökologischen Ziele. Auch wenn die Anzahl der Proben in der Berg- und der Alpenstufe gering ist, nimmt mit zunehmender Höhe der Anteil an belasteten Proben deutlich ab. In der Bergstufe weisen

knapp 70 Prozent und in der Alpenstufe mehr als 80 Prozent der Untersuchungen auf einen guten ökologischen Zustand hin (Fig. 25).

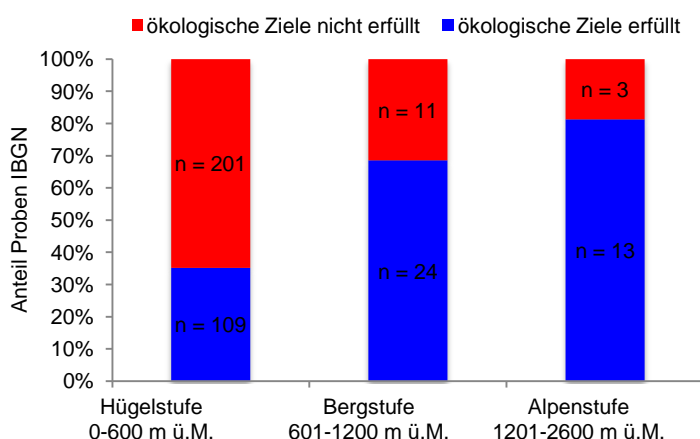


Fig. 25 Anzahl der IBGN-Proben aufgeschlüsselt nach Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK pro Höhenstufe im Zeitraum von 2005 bis 2013

4.5.3. Ephemeroptera, Plecoptera und Trichoptera (EPT)

Beim BDM CH liegen die EPT nebst der üblichen Bestimmungstiefe auf Familienniveau auch auf Artniveau vor. Dies bietet die Datengrundlage für vertiefte Aussagen bezüglich des Gewässerzustandes. In den 191 Proben des BDM CH finden sich im Mittel 4,4 Arten von Eintagsfliegenlarven (Ephemeroptera), 4,8 Arten von Steinfliegenlarven (Plecoptera) und 5,2 Arten von Köcherfliegenlarven (Trichoptera). Die grösste EPT-Artenvielfalt mit durchschnittlichen 18,2 Arten bzw. 10,8 Familien pro Probe findet sich in der Bergstufe zwischen 601 und 1200 m ü. M. (Fig. 26).

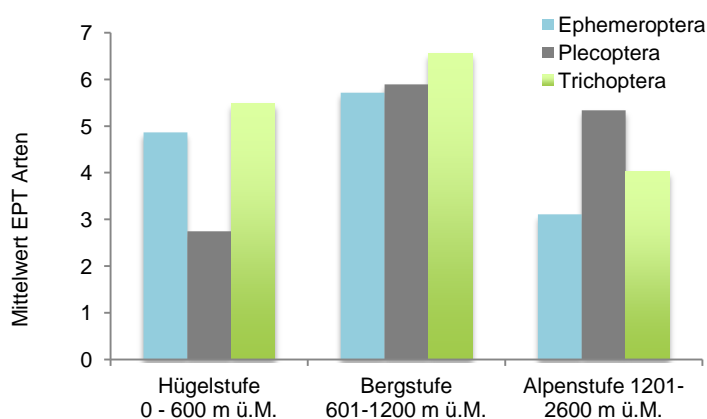


Fig. 26 Mittelwerte Ephemeroptera- (Eintagsfliegen), Plecoptera- (Steinfliegen) und Trichoptera- (Köcherfliegen) Larven aller BDM CH Proben im Zeitraum von 2010 bis 2013 pro Höhenstufe

Für die Bewertung des Gewässerzustandes anhand der EPT-Arten wurde der EPT-Index verwendet (modifiziert nach NCDEHNR, 1997). Werden die zwei besten Klassen (excellent / good) und die drei schlechtesten drei Klassen (good-fair / fair / poor) jeweils zusammengefasst, zeigt die EPT-Auswertung der BDM CH Proben deutliche Defizite im Gewässerzustand. 21 Prozent der BDM CH Proben erreichen die Zielerfüllung (Fig. 27).

EPT Index	Ökologische Ziele erfüllt		Ökologische Ziele nicht erfüllt		
Rating	excellent	good	good-fair	fair	poor
Anzahl EPT	>27	21-27	14-20	7 -- 13	0-6
BDM Proben	6	34	71	44	36
Prozent	3 Prozent	18	37 Prozent	23 Prozent	19

Fig. 27 Bewertung der BDM CH Proben nach EPT-Index (modifiziert nach NCDEHNR, 1997)

In Fig. 28 ist die Erfüllung der Anforderungen an die Lebensgemeinschaft nach EPT-Index pro 100 m Höhenstufe dargestellt. Zu allen Jahreszeiten und in nahezu allen Höhenstufen überwiegen die Proben, deren EPT-Lebensgemeinschaften sich in keinem guten oder sehr guten Zustand befanden. In den tiefen Lagen werden die Defizite besonders sichtbar. Bei knapp 90 Prozent der Untersuchungen in der Hügelstufe kann anhand der EPT-Arten kein guter Gewässerzustand festgestellt werden. In der Bergstufe fallen 35 Prozent BDM CH Proben in die beiden besten Klassen des EPT-Index und in der Alpenstufe wiederum 11 Prozent (Fig. 29). Wiederum dürfte sich hier die oft ungenügende Beurteilung in hohen Lagen dadurch erklären lassen, dass in kalten Gebirgsflüssen auch unbeeinflusste Fließgewässer eine geringere faunistische Diversität aufweisen und sie dadurch eine schlechtere Bewertung erhalten können.

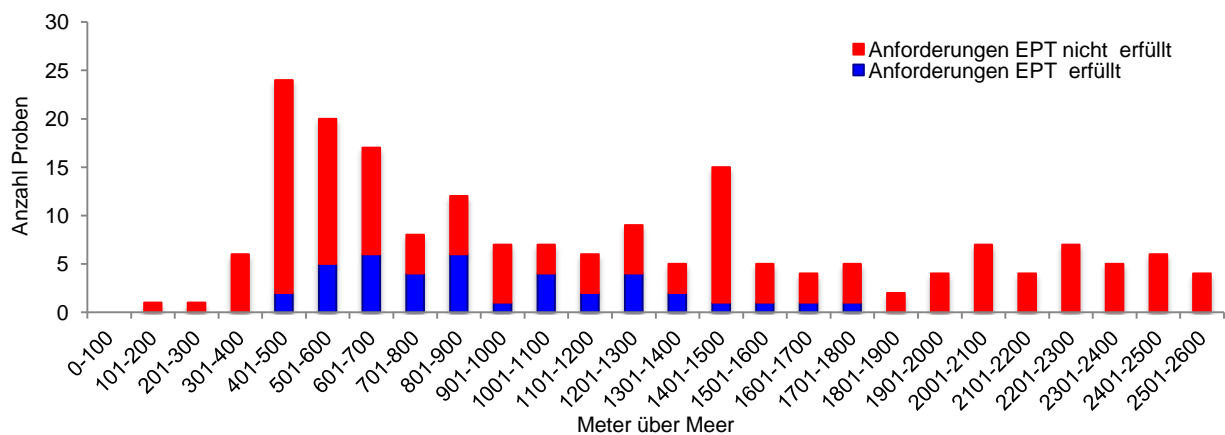


Fig. 28 Anzahl der BDM CH Proben aufgeschlüsselt nach Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung der Anforderungen beurteilt mittels EPT-Index pro Höhenstufe im Zeitraum von 2010 bis 2013

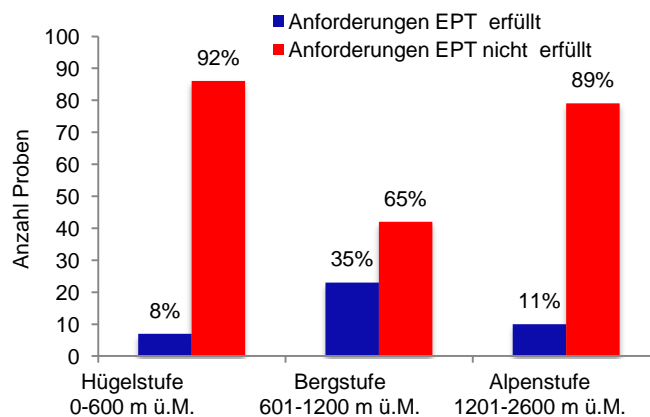


Fig. 29 Anzahl der BDM CH Proben aufgeschlüsselt nach Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK beurteilt mittels EPT-Index pro Höhenstufe im Zeitraum von 2010 bis 2013

4.5.4. Makroindex (MI)

Bei 107 der insgesamt 709 Untersuchungen wurde der Makroindex von den kantonalen Gewässerschutzfachstellen als Bewertungsgrundlage des ökologischen Zustandes herangezogen. Vor allem die Urkantone mit dem Untersuchungsprogramm DÜFUR (= Dauerüberwachung der Fließgewässer in den Urkantonen) verwenden diesen Index. Die Beurteilung erfolgte anhand der standardisierten MSK-Methode des Bundes für das Makrozoobenthos. Untersucht wurden vor allem Gewässer zwischen 401 und 700 m ü. M.

Der Makroindex der Wasserwirbellosen weist rund ein Drittel ($n = 41$) der Untersuchungsstellen an kleinen Fließgewässern als organisch belastet aus. Von den 68 Proben zwischen 401 und 700 m ü. M. erreichen 45 Prozent ($n = 31$) die ökologischen Ziele nicht. In der Hügellstufe verfehlen 41 Prozent ($n = 36$) und in der Bergstufe 33 Prozent ($n = 5$) der Untersuchungen die ökologischen Ziele (Fig. 30).

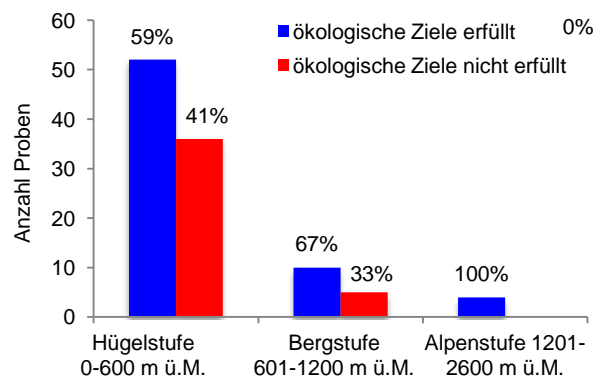


Fig. 30 Anzahl der Makroindex-Proben aufgeschlüsselt nach Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK pro Höhenstufe im Zeitraum von 2005 bis 2013

4.5.5. Species at Risk (SPEAR)

Unabhängig von Probenahmezeitpunkt und Art der Probenahme konnte für 708 Proben der $SPEAR_{\text{pesticide}}$ -Index berechnet werden. Bei 47 Prozent ($n = 331$) der Makrozoobenthosproben zeigt der Index eine Beeinträchtigung durch Pestizide an. Sehr deutlich ist diese Beeinträchtigung zwischen 300 und 500 m ü. M. feststellbar (Fig. 31). 86 Prozent der Proben, deren MZB-Lebensgemeinschaften nicht die Zielerfüllung gemäss $SPEAR_{\text{pesticide}}$ -Index erreichen, fallen in diesen Höhenbereich. Der $SPEAR_{\text{pesticide}}$ -Index weist wie auch die anderen besprochenen Indices auf die stärksten Belastungen in der Hügellstufe hin, wo auch mehr als 90 Prozent der ungenügenden Probenahmestellen (<33%) liegen. Verfehlen in der Hügellstufe noch über 60 Prozent die Anforderungen, erfüllen in der Berg- und Alpenstufe jeweils knapp 90 Prozent der Untersuchungen die Ziele gemäss $SPEAR_{\text{pesticide}}$ -Index (Fig. 32, Fig. 33). Die besseren Ergebnisse des $SPEAR_{\text{pesticide}}$ -Index im Vergleich zu den anderen Indices (IBCH, IBGN, EPT-Index) in höheren Lagen ist vor allem auf die geringere Gewichtung der Artenzahl des MZB bei diesem Index zurückzuführen. Beim $SPEAR_{\text{pesticide}}$ -Index ist die Biodiversität keine wesentliche Grundlage der Indexberechnung; für den Index wird der Anteil der sensitiven Arten und der insensitiven Arten berechnet. Somit wirkt sich die geringere faunistische Diversität in kalten Gebirgsbächen kaum auf die Bewertung durch den $SPEAR_{\text{pesticide}}$ -Index aus.

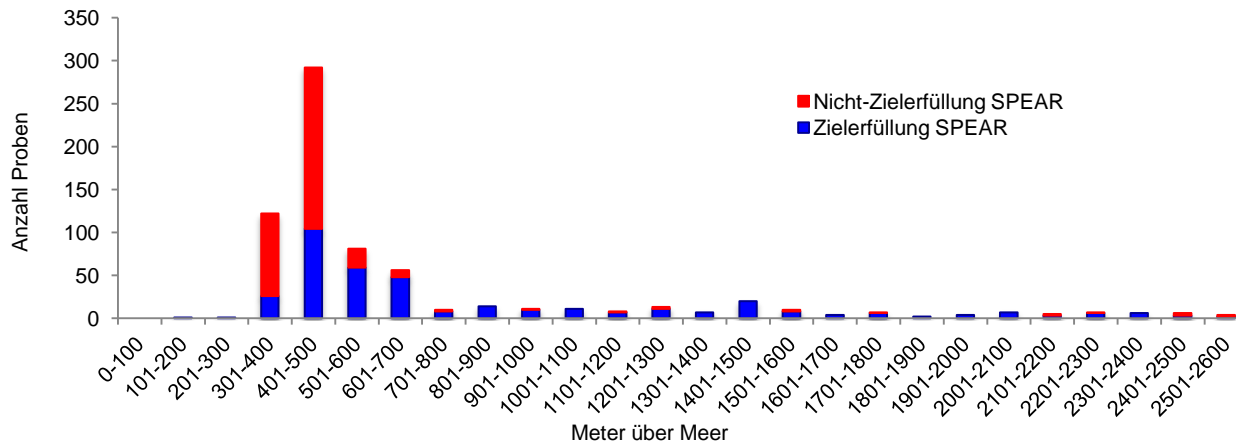


Fig. 31 Anzahl der Proben bewertet anhand des $SPEAR_{pesticide}$ -Index an Fließgewässer mit FLOZ 1 und 2 aufgeschlüsselt nach „Nicht-Zielerfüllung SPEAR“ bzw. nach „Zielerfüllung SPEAR“ pro 100 m Höhenstufe im Zeitraum von 2005 bis 2013

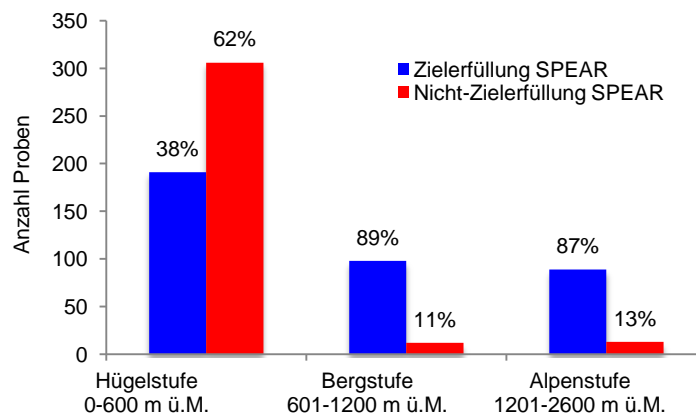


Fig. 32 Anzahl der Proben beurteilt anhand des $SPEAR_{pesticide}$ -Index aufgeschlüsselt nach Nicht-Zielerfüllung SPEAR bzw. Zielerfüllung SPEAR pro Höhenstufe im Zeitraum von 2005 bis 2013

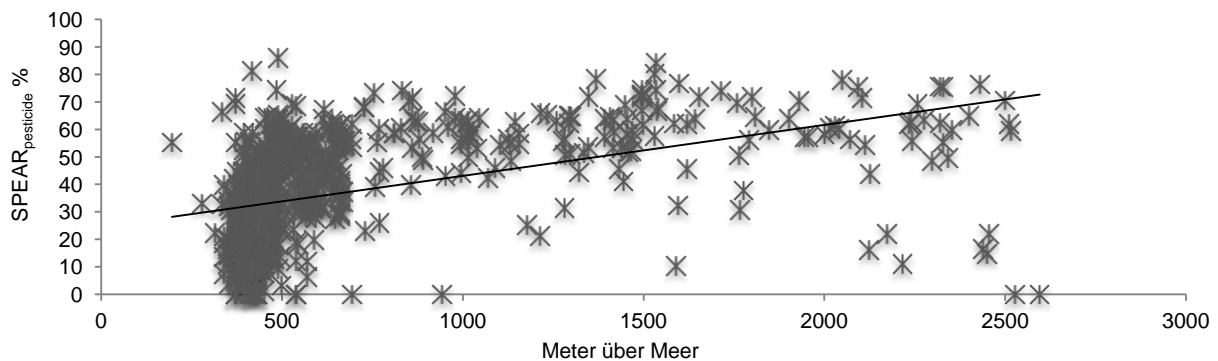


Fig. 33 Darstellung des Zusammenhangs zwischen dem $SPEAR_{pesticide}$ -Index (Prozent) und Höhenlage der Untersuchungsstelle (Meter über Meer)

Möchte man mittels $SPEAR_{pesticide}$ -Index die akuten von den chronischen Auswirkungen der Pestizidbelastungen unterscheiden, muss auf den Probenahmezeitpunkt geachtet werden. Gerade kleine Fließgewässer können vom Frühjahr bis Herbst stark mit Pestiziden belastet sein, wobei im Juni und Juli die höchste Belastung gemessen wurden (Munz et al., 2012). Eine Probenahme etwa ein halbes Jahr nach der Pestizid-Applikation kann einerseits Langzeiteffekte und andererseits

Erholungsprozesse aufzeigen (Liess & von der Ohe, PC, 2005). In Fig. 34 sind die Proben aufgeschlüsselt nach dem Monat der Probenahme dargestellt.

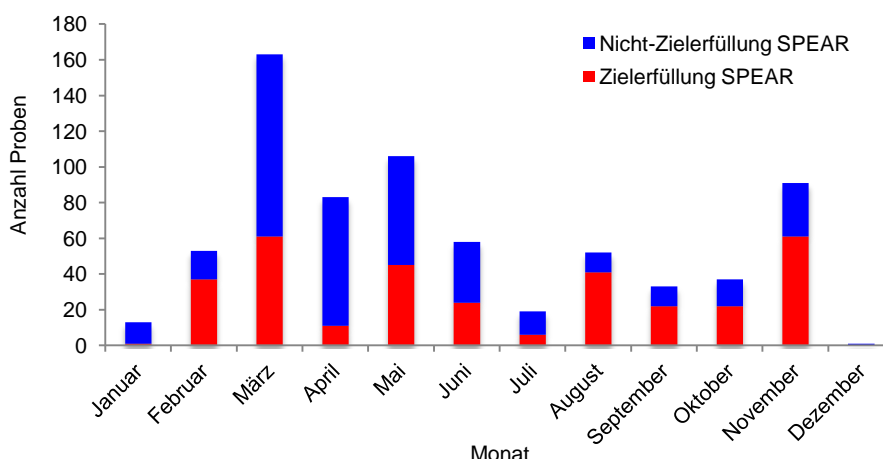


Fig. 34 Anzahl der Fließgewässer aufgeschlüsselt nach Nicht-Zielerfüllung SPEAR bzw. Zielerfüllung SPEAR pro Monat im Zeitraum vom 2005 bis 2013

Ein Vergleich der Monate Mai bis November (häufigere Pestizideapplikation) mit den Monaten Dezember bis April (geringere Pestizideapplikation) zeigt, dass mehr Proben aus der Applikationsperiode gemäss $SPEAR_{pesticide}$ -Index beeinträchtigt sind. Rund 56 Prozent ($n = 221$) der Proben aus der Applikationsperiode weisen eine Beeinträchtigung auf. Im Winter und zu Frühlingsbeginn erfüllen hingegen knapp zwei Drittel (65%; $n = 203$) der MZB-Proben die Ziel gemäss $SPEAR_{pesticide}$ -Index (Fig. 35).

$SPEAR_{pesticide}$ (Mai bis Nov.)		Prozent	n gesamt
belastet	$SPEAR < 33$	56 Prozent	221
unbelastet	$SPEAR > 33$	44 Prozent	175

$SPEAR_{pesticide}$ (Dez. bis April)		Prozent	n gesamt
belastet	$SPEAR < 33$	35 Prozent	110
unbelastet	$SPEAR > 33$	65 Prozent	203

Fig. 35 Anzahl und Anteil der SPEAR-Proben aufgeteilt nach Zielerfüllung SPEAR für die Perioden Mai bis November (häufigere Pestizidapplikation) und Dezember bis April (geringere Pestizideapplikation)

Bei der Beurteilung und Interpretation des Gewässerzustandes anhand der vorliegenden Untersuchungen des $SPEAR_{pesticide}$ -Index, wie auch bei der Beurteilung alle Untersuchungen anhand der Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK, muss abschliessend auf den heterogenen Datensatz verwiesen werden. Unabhängig von der Art der Probenahme, des Probenahmeortes, des Probenahmezeitpunktes, der Datenverfügbarkeit oder der Bestimmungstiefe wurden alle Daten gleich verrechnet und interpretiert.

5. Landnutzung im Einzugsgebiet

Dank eines GIS-basierten Einzugsgebietsdatensatzes (Strahm, 2013) liegt eine Landnutzungsanalyse für 392 der 406 kantonalen und BDM CH-Untersuchungen vor. Bei den 14 Bächen ohne Angaben zur Landnutzung im Einzugsgebiet handelt es sich zum grössten Teil um Gewässerabschnitte, deren Einzugsgebiete zumindest teilweise ausserhalb der Schweizer Landesgrenzen liegen (v.a. im Grossraum Genf). Die Landnutzungsanalyse liefert für jede Untersuchungsstelle die Grösse des Einzugsgebiets sowie die Grösse der jeweiligen Landnutzungsflächen und somit auch deren Landnutzungsanteile am Einzugsgebiet. So kann die Landnutzungsdichte der jeweiligen Nutzungsformen in Bezug zum EZG betrachtet werden. Das grösste untersuchte Einzugsgebiet ist 310 km² gross (FLOZ 2 Gewässer in Bern), das kleinste 0,024 km² (FLOZ 2 Gewässer im Wallis). Der Mittelwert aller analysierten Einzugsgebietsflächen liegt bei 4,7 km², der Median bei 2,3 km².

5.1. Landnutzung und Gewässergrösse

In Fig. 36 sind die Flächenanteile am Gesamteinzugsgebiet der Landnutzungen Landwirtschaft, Siedlung und Verkehr aufgeteilt nach FLOZ 1 und 2 dargestellt. In der Regel ist die Zusammensetzung der Landnutzungsarten im Einzugsgebiet der kleinen Fliessgewässer heterogener als bei grösseren Gewässern; auch trifft man bei kleinen Gewässern diesbezüglich öfter extreme Situationen an (Strahm, 2013).

Über alle Untersuchungsstellen betrachtet, nimmt die landwirtschaftliche Nutzung den durchschnittlich grössten Flächenanteil im Einzugsgebiet ein. Der Median liegt bei Gewässern mit FLOZ 1 bei 45 Prozent; bei FLOZ 2 Gewässern bei 33 Prozent. Es wurden sowohl Gewässerstellen untersucht, die keine Nutzung durch Landwirtschaft im Einzugsgebiet ausweisen (0% Flächenanteil Landwirtschaft), wie auch Stellen, bei denen das gesamte Einzugsgebiet landwirtschaftlich genutzt wird (100% Flächenanteil Landwirtschaft).

Bei der Landnutzung Siedlung werden ebenfalls beinahe alle Extreme abgedeckt. Von 0 bis maximal 94 Prozent Flächenanteil am Einzugsgebiet ist bei den untersuchten Gewässern alles vorhanden. Jedoch ist bei der Nutzung Siedlung der mittlere Anteil geringer als bei der landwirtschaftlichen Nutzung. Der Median der Landnutzungsdichte Siedlung beträgt 8 Prozent bei den Kleinstgewässern mit FLOZ 1 und 2 Prozent bei Gewässern mit FLOZ 2. Die Landnutzungsdichte Siedlung streut bei den Gewässern mit FLOZ 1 deutlich mehr als bei Gewässern mit FLOZ 2.

Im Vergleich mit der Nutzung Landwirtschaft und Siedlung ist in den Einzugsgebieten der untersuchten Gewässer der Flächenanteil Verkehr gering. Gewässer mit FLOZ 1 und 2 zeigen eine sehr ähnliche Verteilung (Median_{FLOZ1}: 2 %; Median_{FLOZ2}: 1,5 %). Der maximale Anteil Verkehrsflächen im Einzugsgebiet eines Gewässers mit FLOZ 1 beträgt 6 Prozent.

Der minimale Flächenanteil liegt bei allen drei Hauptnutzungsformen bei Gewässern mit FLOZ 1 und 2 bei 0 Prozent. Die Einzugsgebiete mit den maximalen Flächenanteilen bei der Nutzung Siedlung und Verkehr entwässern in die kleinsten Fliessgewässern (FLOZ 1); bei der Landwirtschaft liegt der maximale Flächenanteil im Einzugsgebiet eines Gewässers mit FLOZ 2.

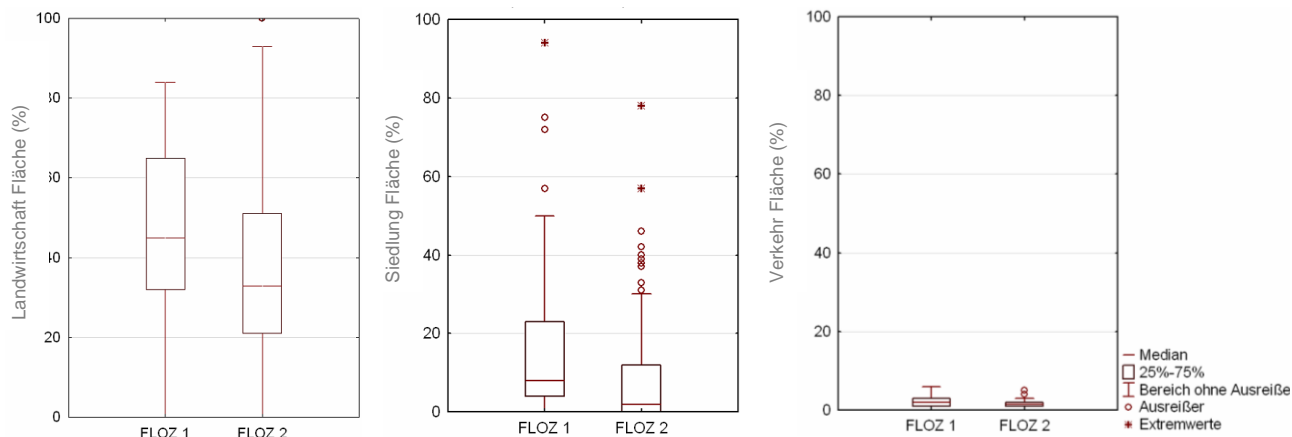


Fig. 36: Flächenanteile der Nutzung Landwirtschaft, Siedlung und Verkehr in den Einzugsgebieten der untersuchten Gewässerstellen, dargestellt für die beiden Gewässergrößen FLOZ 1 und 2

In Fig. 37 & Fig. 38 sind die Flächenanteile der landwirtschaftlichen Nutzungen Reben und Ackerland wiedergegeben. Der Flächenanteil der Landnutzungen Reben und Ackerland am Einzugsgebiet ist bei Gewässern mit FLOZ 1 grösser als bei Gewässern mit FLOZ 2. Die mittlere Landnutzungsdichte für Reben liegt bei den Gewässern mit FLOZ 1 bei 4,8 Prozent (Mittelwert); 1,6 Prozent (Mittelwert) bei Gewässern mit FLOZ 2. Der Median liegt für beide Gewässergrößen bei 0 Prozent (Fig. 37). Für die Landnutzung Ackerland betragen die Mittelwerte 26 Prozent für Gewässer mit FLOZ 1 bzw. 13 Prozent für Gewässer mit FLOZ 2. Die Mediane liegen bei 26 (FLOZ 1) bzw. 4 Prozent (FLOZ 2).

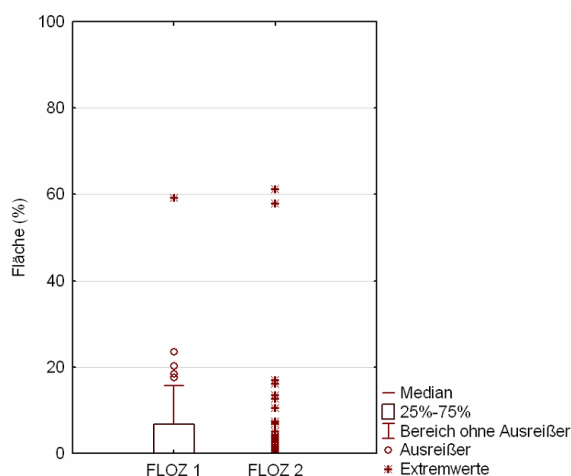


Fig. 37: Flächenanteile der Nutzung Reben in den Einzugsgebieten der untersuchten Gewässerstellen, dargestellt für die beiden Gewässergrößen FLOZ 1 und 2

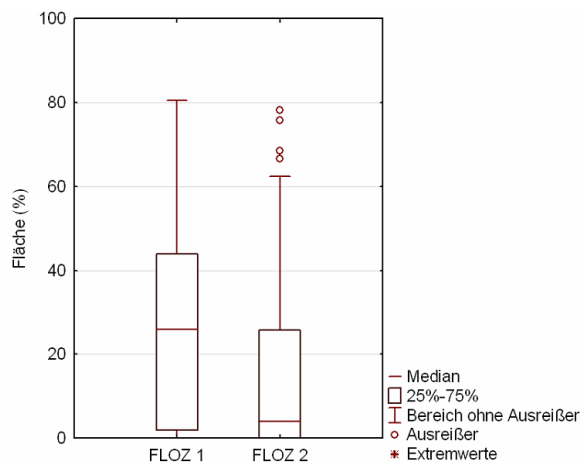


Fig. 38: Flächenanteile der Nutzung Ackerland in den Einzugsgebieten der untersuchten Gewässerstellen, dargestellt für die beiden Gewässergrößen FLOZ 1 und 2

5.2. Landnutzung in der Ost- und Westschweiz

In diesem Abschnitt wird die Landnutzung gemäss der in Kapitel 3 beschriebene Unterteilung in Ost- und Westschweiz genauer untersucht. Für diese geografisch unterteilte Betrachtung werden die absoluten Flächen wie auch die Flächenanteile der verschiedenen Landnutzungen betrachtet. Die Zusammenstellungen in Fig. 39 bis Fig. 45 sollen die Interpretation der nachfolgenden Analysen erleichtern. In Fig. 39 bis Fig. 41 sind die Gesamtflächen der verschiedenen Nutzungsformen in den Einzugsgebieten der untersuchten Fliessgewässer aufgelistet. In Fig. 42 bis Fig. 45 finden sich die

mittleren Flächenanteile der unterschiedlichen Landnutzungen, unterteilt für die Untersuchungsstellen in der Ost- und Westschweiz. Die Untersuchungsstellen sind mit 369 in der West- und mit 340 in der Ostschweiz in etwa gleich verteilt.

Siedlung (inkl. Deponie)	Westschweiz	Ostschweiz
Fassaden (km ²)	45.2	63.4
Dach (km ²)	28.4	31.3
Strassen (km ²)	18.1	23.4
Grünflächen (km ²)	16.4	62.8
Siedlung gesamt (km ²)	141.7	165.9
Deponie (km ²)	1.4	1.3

Fig. 39 Gesamtfläche der Nutzung Siedlung in den Einzugsgebieten der untersuchten Gewässerstellen aufgeteilt in Ost- und Westschweiz

Verkehr	Westschweiz	Ostschweiz
Geleise (km ²)	0.3	0.4
Autobahn (km ²)	1.5	2.5
Kantonstrassen (km ²)	3.7	3.6
Gemeindestrassen (km ²)	24.5	16.4
Verkehr gesamt (km ²)	30.0	22.9
Strassen gesamt (km ²)	29.8	22.5

Fig. 40 Gesamtfläche der Nutzung Verkehr in den Einzugsgebieten der untersuchten Gewässerstellen aufgeteilt in der Ost- und Westschweiz

Landwirtschaft	Westschweiz	Ostschweiz
Grünland (km ²)	392.4	268.1
Wald (km ²)	545.2	323.4
Natur & Heimweiden (km ²)	113.7	188.6
Alp- & Jurawiesenweiden (km ²)	233.4	32.1
Kunstwiese (km ²)	45.3	47.3
Reben (km ²)	46.9	7.1
Gemüse (km ²)	7.3	16.2
Rüben (km ²)	7.1	12.4
Raps (km ²)	33.5	11.8
Obst (km ²)	7.3	13.6
Mais (km ²)	29.2	34.9
Getreide (km ²)	158.1	69.4
Kartoffeln (km ²)	2.5	3.4
Hülsenfrüchte (km ²)	16.1	2.3
Ackerland (km ²)	327.1	205.3

Fig. 41 Gesamtfläche der Nutzung Landwirtschaft in den Einzugsgebieten der untersuchten Gewässerstellen aufgeteilt in Ost- und Westschweiz

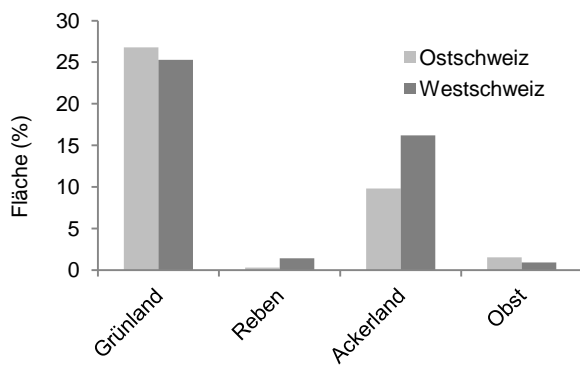


Fig. 42 Mittlere Flächenanteile der Nutzung Landwirtschaft am Einzugsgebiet aufgeteilt in Ost- und Westschweiz (dargestellt bis 30 Prozent)

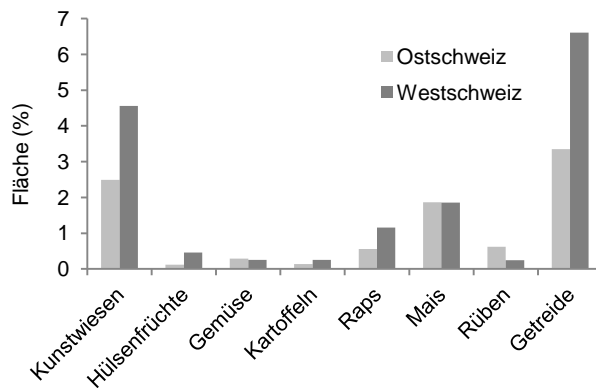


Fig. 43 Mittlere Flächenanteile der Teilnutzungen des Ackerlands am Einzugsgebiet aufgeteilt in Ost- und Westschweiz (dargestellt bis 7 Prozent)

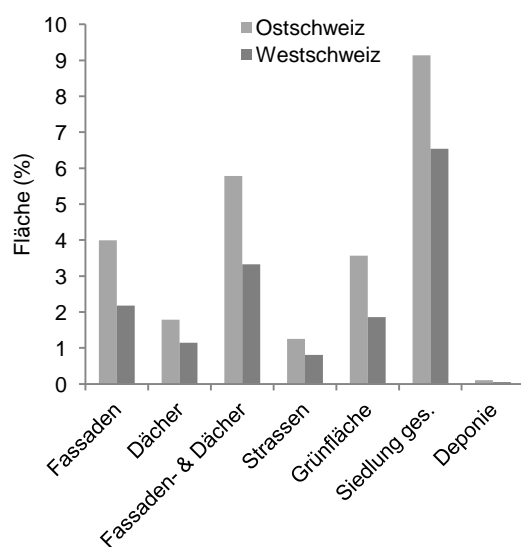


Fig. 44 Mittlere Flächenanteile der Nutzung Siedlung am Gesamteinzugsgebiet aufgeteilt in Ost- und Westschweiz (dargestellt bis 10 Prozent)

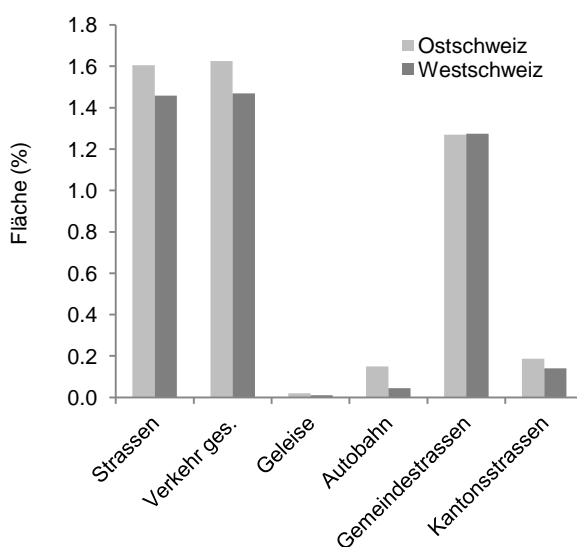


Fig. 45 Mittlere Flächenanteile der Nutzung Verkehr am Gesamteinzugsgebiet aufgeteilt in Ost- und Westschweiz (dargestellt bis 1,8 Prozent)

Der mittlere Flächenanteil der Nutzung Siedlung am Einzugsgebiet ist bei den untersuchten Fließgewässern in der Ostschweiz etwas grösser als in der Westschweiz (9.1 Prozent bzw. 6.5 Prozent). Klein ist der Unterschied beim mittleren Flächenanteil der Nutzung Verkehr zwischen der Ost- und der Westschweiz (1.6 Prozent bzw. 1.5 Prozent). Auch bei den mittleren Flächenanteilen der Nutzung Landwirtschaft ist die Verteilung zwischen Ost- und der Westschweiz in etwa gleich gross (39 Prozent bzw. 42 Prozent). Bei genauerer Betrachtung der landwirtschaftlichen Nutzungsarten zeigen sich Unterschiede. So sind die mittleren Flächenanteil der Nutzungen Natur- bzw. Heimweiden und Rüben in der Ostschweiz etwa um ein Drittel, der mittlere Flächenanteil Obst um knapp die Hälfte grösser. Andere Nutzungsformen kommen vermehrt in den untersuchten Einzugsgebieten in der Westschweiz vor. Zum Beispiel ist der Flächenanteil der Nutzung Reben in der Westschweiz mehr als viermal so gross als in der Ostschweiz. Auch der mittlere Flächenanteil einzelner Teilnutzungen des Ackerlands, insbesondere der Anbau von Hülsenfrüchten, Kartoffeln, Raps, Getreide und Kunstwiesen, ist bei den Untersuchungsstellen in der Westschweiz grösser (Fig. 42 bis Fig. 45).

5.3. Landnutzung und Gewässerzustand

5.3.1. Landnutzung und die Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK

In diesem Kapitel wird der Zusammenhang zwischen den verschiedenen Landnutzungsarten im Einzugsgebiet eines Gewässers und der Beurteilung des ökologischen Zustandes nach MSK für alle Untersuchungen unabhängig von der Erhebungs- und Auswertungsmethode untersucht. Für 655 Stellen lag die Information zur Landnutzung im EZG und zur Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK vor. Fig. 46a gibt einen Überblick über die Landnutzung Siedlung, Landwirtschaft und Wald und die Erfüllung der ökologischen Ziele. In Fig. 46b ist die Landnutzung Ackerland, Obst, Reben und Grünland in Zusammenhang mit der Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK dargestellt.

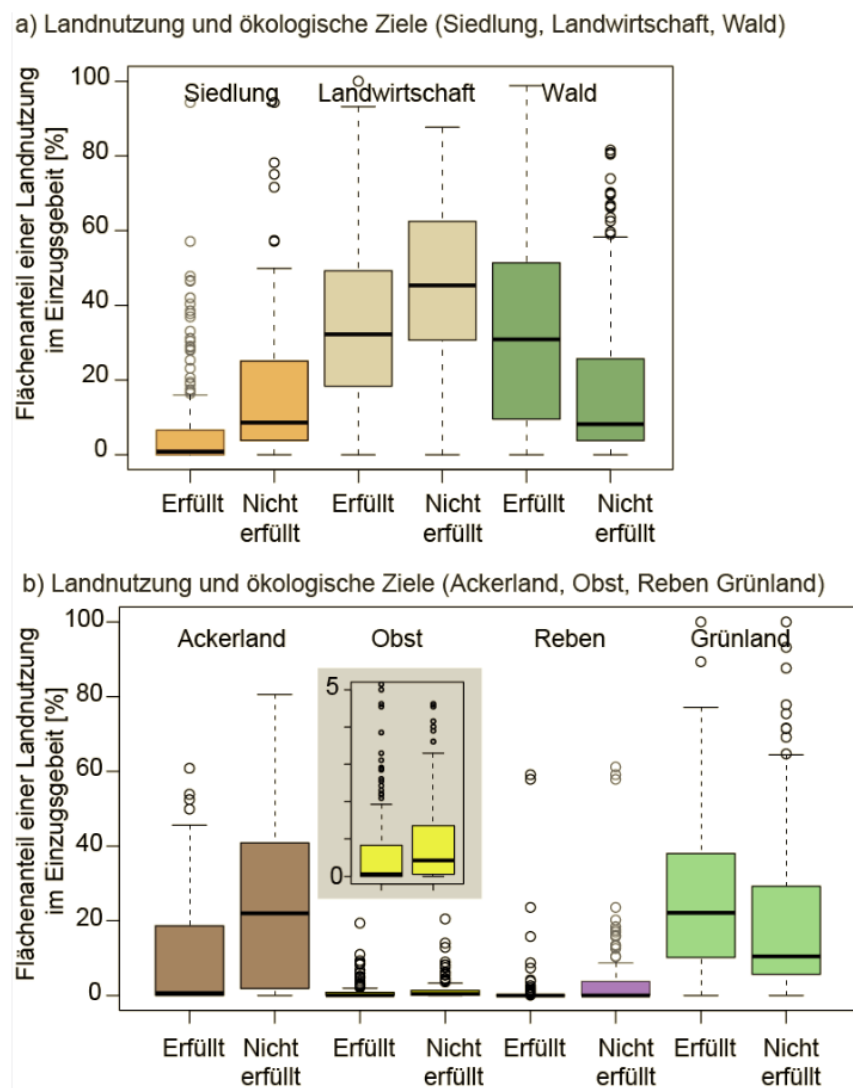


Fig. 46: Vergleich der Flächenanteile der verschiedenen Landnutzungen am Einzugsgebiet und der Erfüllung der ökologischen Ziele gemäss Modul-Stufen-Konzept a) Erfüllung der ökologischen Ziele gemäss MSK für die Flächenanteile Siedlung, Landwirtschaft und Wald am Einzugsgebiet und b) Erfüllung der ökologischen Ziele gemäss MSK für die Flächenanteile Ackerland, Obst, Reben und Grünland am Einzugsgebiet

Siedlung

In Fig. 46a ist der Flächenanteil der Nutzung Siedlung am Gesamteinzugsgebiet in Abhängigkeit von der Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK dargestellt. Liegt der Flächenanteil Siedlung am Gesamteinzugsgebiet bei mehr als 10 Prozent, verfehlen rund zwei Drittel der Untersuchungsstellen ($n = 134$) die ökologischen Anforderungen nach MSK (Fig. 47). Von den Messstellen mit mehr als 50 Prozent Siedlungsanteil, erfüllen 95 Prozent ($n = 18$) die ökologischen Ziele nach MSK nicht. Fehlt die Landnutzung Siedlung im Einzugsgebiet, weisen gute zwei Drittel der Stellen ($n = 142$) eine ausreichende Gewässerqualität auf. Tendenziell erfüllen bei einem geringen Flächenanteil Siedlung mehr Stellen die ökologischen Ziele nach MSK als bei einem höherem Anteil. Die Landnutzungsdichte Siedlung korreliert negativ mit der Erfüllung der ökologischen Ziele ($r_{sp} = -0.341$; $p = 0.000$).

Der Einfluss der Siedlungsflächen in den untersuchten Einzugsgebieten fällt unterschiedlich aus für die untersuchten Gewässer mit FLOZ 1 und 2. Liegt die Nutzungsdichte Siedlung bei FLOZ 1 Gewässern bei mehr als 10 Prozent, erfüllen rund drei Viertel der Messstellen ($n = 45$) die ökologischen Ziele nach MSK nicht. Bei mehr als 50 Prozent Siedlungsanteil am Gesamteinzugsgebiet weisen 92 Prozent der Untersuchungsstellen ($n = 12$) an Gewässern mit FLOZ 1 einen ungenügenden ökologischen Zustand auf. Diese FLOZ 1 Gewässer wurden allerdings nicht vom BDM CH untersucht und sind somit weniger repräsentativ als die Untersuchungen an den FLOZ 2 Gewässern. Bei Gewässern mit FLOZ 2 verfehlen alle Messstellen mit einer Nutzungsdichte Siedlung ($n = 6$) von mehr als 50 Prozent die ökologischen Ziele des MSK. Regionale Unterschiede zeigen sich ab einem Flächenanteil der Nutzung Siedlung am Gesamteinzugsgebiet von mehr als 5 Prozent. 85 Prozent der Fliessgewässerstellen ($n = 110$) mit mehr als 5 Prozent Landnutzung Siedlung im Einzugsgebiet verfehlen in der Westschweiz die ökologischen Ziele nach MSK. In der Ostschweiz beeinflusst eine Landnutzungsdichte Siedlung von mehr als 5 Prozent rund die Hälfte (55%) der Untersuchungsstellen ($n = 91$), so dass die Anforderungen der ökologischen Ziele nach MSK nicht erfüllt sind. Bei Stellen mit weniger als 5 Prozent Siedlungsanteil im Einzugsgebiet erfüllen in der Ostschweiz 72 Prozent der Fliessgewässerstellen ($n = 123$) die Anforderungen des MSK, in der Westschweiz 56 Prozent ($n = 106$). Bei einem sehr grossen Siedlungsanteil von mehr als 50 Prozent gleichen sich die zwei Regionen an: bei so hohem Siedlungsanteil verfehlen in der Ostschweiz alle Stellen ($n = 4$), in der Westschweiz 93 Prozent der Fliessgewässerstellen ($n = 14$) die ökologischen Ziele nach MSK.

Verkehr

Auch wenn der maximale Anteil an Verkehrsflächen in den untersuchten Gesamteinzugsgebieten mit 6 Prozent klein ist, zeigt sich tendenziell, dass die Anforderungen an die ökologischen Ziele nach MSK umso seltener erfüllt werden, je grösser der Anteil Verkehrsfläche ist. Neben dem Einfluss der Verkehrsflächen, ist hier aber sicherlich auch mit dem Einfluss von weiteren negativen Faktoren auf die Gewässerqualität zu rechnen. Ab einem Anteil von 3 Prozent Verkehrsfläche am Gesamteinzugsgebiet verfehlen zwei Drittel der Untersuchungsstellen ($n = 133$) die ökologischen Anforderungen. Liegt der Anteil Verkehrsflächen im Einzugsgebiet unterhalb von 3 Prozent, so erfüllen 43 Prozent der Untersuchungsstellen ($n = 199$) die ökologischen Ziele nicht. Auch hier besteht ein

leicht negativer Zusammenhang zwischen der Gesamtfläche der Nutzung Verkehr und der Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK ($r_{sp} = -0.215$; $p = 0.000$).

Landwirtschaft

Der Anteil an landwirtschaftlichen Nutzflächen am Gesamteinzugsgebiet kleiner Fließgewässer macht oft den grössten Flächenanteil aller Nutzungen aus und kann sogar das gesamte Einzugsgebiet abdecken (Strahm, 2013). Bei den vorliegenden Untersuchungen liegt der Anteil landwirtschaftlicher Nutzung zwischen Null und 100 Prozent mit einem Median von 39 Prozent.

Bei einem Flächenanteil von mehr als 50 Prozent landwirtschaftlicher Nutzung am Gesamteinzugsgebiet weisen zwei Drittel der Untersuchungsstellen ($n = 135$) einen ungenügenden ökologischen Zustand auf. Bei einer Nutzungsdichte Landwirtschaft von mehr als 10 Prozent, erfüllt die Hälfte aller Stellen ($n = 297$) die Anforderungen nicht (Fig. 47). Der Zusammenhang zwischen dem Flächenanteil Landwirtschaft und dem Gewässerzustand ist gering ($r_{sp} = -0.221$; $p = 0.000$).

Die Art der landwirtschaftlichen Nutzung kann grossen Einfluss auf den Gewässerzustand haben. Die Teilnutzung Grünland (Kunstwiesen, Alp- & Juraweiden, Natur- & Heimweiden) beeinflusst potentiell die längste Fließstrecke (Strahm, 2013) und kann auch grosse Flächenanteile einnehmen. Im vorliegenden Datensatz ist mit 0 bis 100 Prozent Flächenanteil Grünland die gesamte Spannweite vertreten, wobei der Median bei 16 Prozent liegt. 60 Prozent der Untersuchungsstellen ($n = 241$) mit einem Flächenanteil von mehr als 10 Prozent Grünland erfüllen die ökologischen Ziele nach MSK (Fig. 47). 67 Prozent der Messstellen mit weniger als 10 Prozent Grünland im Einzugsgebiet ($n = 168$) erfüllen die gewässerökologischen Zielsetzungen nicht. Der statistische Zusammenhang zwischen dem Flächenanteil Grünland und der Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK ist gering ($r_{sp} = 0.232$; $p = 0.000$).

Bei den untersuchten Gewässerstellen mit einer Nutzungsdichte Reben von mehr als 10 Prozent erfüllen 85 Prozent der Proben ($n = 34$) die ökologischen Ziele nicht (Fig. 47). Bei den Messstellen mit weniger als 10 Prozent Anteil Rebenflächen im Einzugsgebiet erfüllen gute 50 Prozent ($n = 317$) die ökologischen Ziele nach MSK. Es gibt eine mittlere negative Korrelation zwischen der Landnutzungsdichte Reben und der Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK ($r_{sp} = -0.311$; $p = 0.000$). Messstellen mit mehr als 10 Prozent Nutzungsdichte Obst am Gesamteinzugsgebiet erfüllen zu 71 Prozent ($n = 5$) die ökologischen Ziele nach MSK nicht. Bei einem Flächenanteil der Nutzung Obst von weniger als 10 Prozent, befinden sich die Hälfte der untersuchten Stellen ($n = 321$) in einem ausreichend guten Zustand. Die Nutzungsdichte Obst korreliert leicht negativ mit dem Gewässerzustand ($r_{sp} = -0.221$; $p = 0.000$).

Ackerland ist neben Obst, Reben und Grünland die vierte landwirtschaftliche Teilnutzungsform, die hier betrachtet wurde. Ackerland hat einen Flächenanteil zwischen Null bis maximal 81 Prozent am Einzugsgebiet der untersuchten Stellen mit einem Median von 10 Prozent und einem Mittelwert von 17 Prozent. Bei sehr grossen Nutzungsdichten Ackerland von mehr als 50 Prozent erfüllen 92 Prozent der Stellen ($n = 35$) die ökologischen Ziele nach MSK nicht (Fig. 47). Ist der Flächenanteil kleiner oder gleich 10 Prozent ($n = 339$), weisen 63 Prozent der untersuchten Gewässerstellen einen guten Zustand auf. Die Nutzungsdichte Ackerland korreliert negativ mit der Beurteilung des Gewässerzustandes nach den ökologischen Zielen gemäss MSK ($r_{sp} = -0.352$; $p = 0.000$).

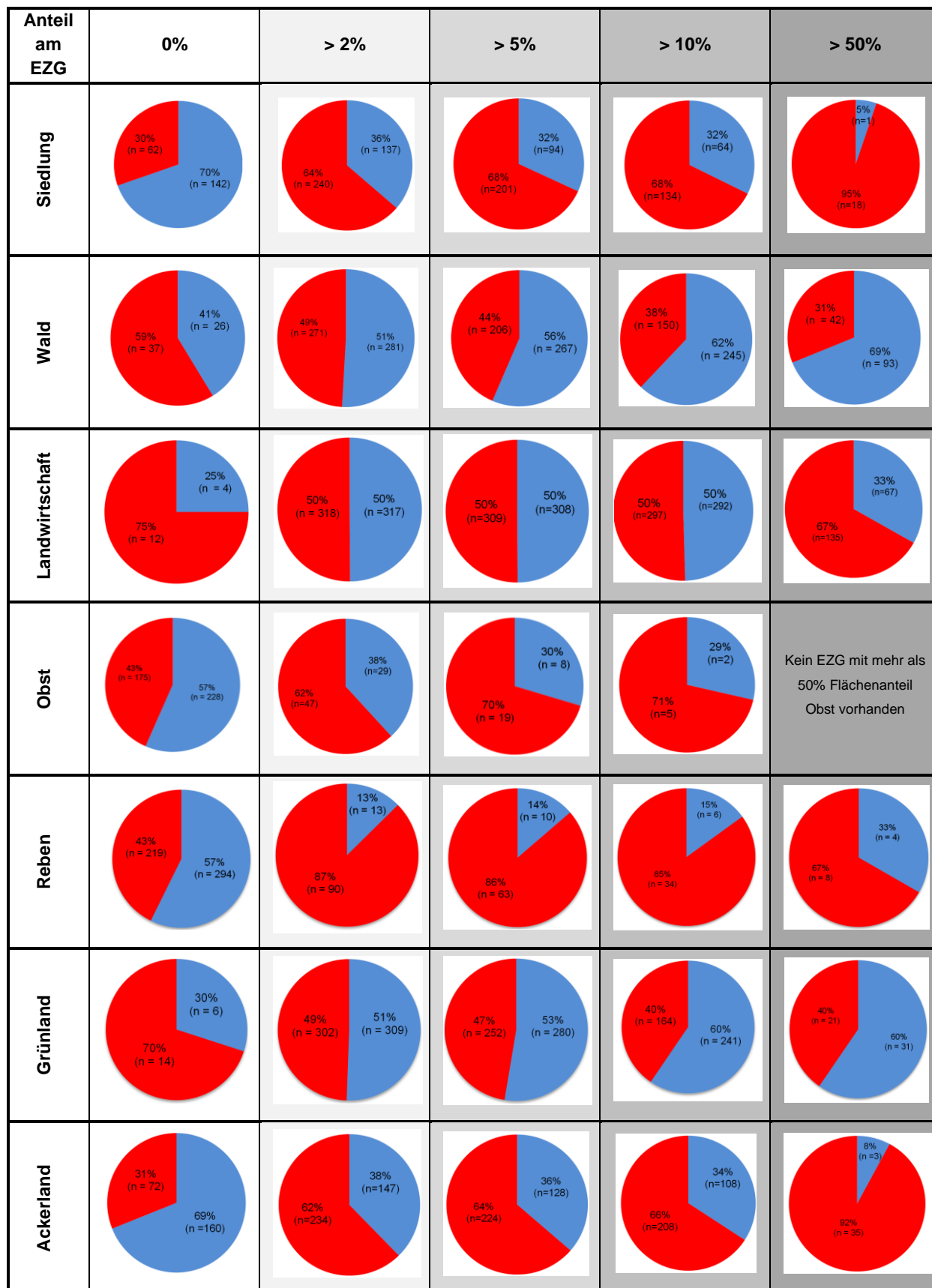


Fig. 47 Anteil Proben, die die ökologischen Anforderungen des MSK erfüllen (blau) bzw. nicht erfüllen (rot) in Bezug zur Landnutzung im Einzugsgebiet (EZG) - wenn die jeweilige Nutzung nicht vorkommt (0%) bzw. grösser 2%, grösser 5%, grösser 10% oder grösser 50% des Einzugsgebiets ist

Bezüglich der landwirtschaftlichen Nutzung und dem Gewässerzustand zeigen sich regionale Unterschiede zwischen der West- und der Ostschweiz. 57 Prozent der Fliessgewässer (n = 51) mit

einer landwirtschaftlichen Nutzung grösser als 50 Prozent sind in der Ostschweiz in einem guten Zustand, in der Westschweiz sind es 14 Prozent ($n = 16$). Aber auch Bäche mit einem Flächenanteil Landwirtschaft von weniger als 5 Prozent verfehlen in der Westschweiz zu 81 Prozent ($n = 13$) die ökologischen Ziele. Liegt der Flächenanteil der Nutzung Obst bei mehr als 5 Prozent, erfüllen in der Ostschweiz 60 Prozent der Untersuchungsstellen ($n = 12$) die ökologischen Ziele nach MSK nicht. In der Westschweiz verfehlen alle sieben Untersuchungsstellen mit der Nutzung Obst von mehr als 5 Prozent am EZG die ökologischen Ziele. Bei einer Nutzungsdichte Ackerland von mehr als 10 Prozent erfüllen in der Ostschweiz 50 Prozent der Untersuchungsstellen ($n = 65$) die ökologischen Ziele nach MSK; in der Westschweiz 23 Prozent der Stellen ($n = 43$). Beträgt der Flächenanteil Ackerland weniger oder gleich 5 Prozent, ist die Verteilung in den beiden Regionen ähnlich: etwa zwei Drittel der Fliessgewässerstellen werden als ausreichend beurteilt. Bei der Nutzung Reben ist der Unterschied zwischen den beiden Landesteilen vernachlässigbar. Sobald der Flächenanteil der Nutzung Reben 5 Prozent des Einzugsgebietes übersteigt, zeigen sich unabhängig von der Region grosse Defizite bei den dazugehörigen Gewässern. Dabei ist allerdings zu erwähnen, dass in der Ostschweiz deutlich weniger Fliessgewässer mit Reben im Einzugsgebiet untersucht wurden ($n = 21$) als in der Westschweiz ($n = 121$) (Fig. 41 & Fig. 42). In der Ostschweiz sind es vier Messstellen, die eine Nutzungsdichte Reben von mehr als 5 Prozent aufweisen und sich allesamt in einem ungenügenden gewässerökologischen Zustand befinden. In der Westschweiz wurden 69 Fliessgewässerstellen mit mehr als 5 Prozent Rebenanbaufläche untersucht, wovon 59 Stellen (86 Prozent) die ökologischen Ziele nach MSK nicht erfüllen.

Wald

Aus den Waldflächen wird nicht mit relevanten Einträgen von Mikroverunreinigungen in die Gewässer gerechnet (Strahm, 2013). Der Flächenanteil Wald am Einzugsgebiet der Untersuchungsstellen variiert zwischen 0 bis 99 Prozent mit einem Median von 21 Prozent und einem Mittelwert von 26 Prozent des Einzugsgebietes.

Je grösser die Nutzungsdichte Wald ist, desto grösser ist tendenziell der Prozentsatz an Stellen, die anhand der Wasserwirbellosen als ökologisch intakt beurteilt wurden. Sind bei einem Flächenanteil von mehr als 5 Prozent des Einzugsgebiets 56 Prozent der Untersuchungsstellen ($n = 267$) in einem guten Zustand, so erfüllen bei mehr als 50 Prozent Flächenanteil Wald knapp 70 Prozent der Stellen ($n = 93$) die ökologischen Ziele nach MSK (Fig. 47). Der Flächenanteil Wald korreliert positiv mit der Erfüllung der ökologischen Ziele ($r_{sp} = 0.305$; $p = 0.000$).

5.3.2. Landnutzung und IBCH

In diesem Kapitel wird der Einfluss der verschiedenen Landnutzungsarten auf den Gewässerzustand jener Stellen untersucht, die nach MSK Makrozoobenthos untersucht wurden. Auch werden hier die Untersuchungen des BDM CH separat in Zusammenhang mit der Landnutzung betrachtet.

Siedlung

Von den hier 234 zur Verfügung stehenden IBCH-Untersuchungen erfüllen 69 Prozent ($n = 22$) die Anforderungen gemäss IBCH nicht, sobald der Anteil Siedlungsfläche 10 Prozent übersteigt. Ist die Siedlungsfläche kleiner oder gleich 10 Prozent des Gesamteinzugsgebiets, sind 66 Prozent der

Fliessgewässerstellen (n = 133) gemäss IBCH in einem guten oder sehr guten Zustand. Zwischen der Nutzungsdichte Siedlung am Gesamteinzugsgebiet und dem IBCH-Wert zeigt sich ein schwacher Zusammenhang ($r_{sp} = -0.243$; $p = 0.00017$) (Fig. 48).

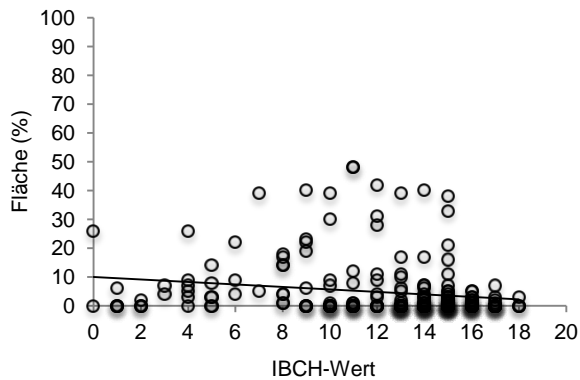


Fig. 48 Korrelation zwischen IBCH-Wert und Flächenanteil Siedlung am Gesamteinzugsgebiet der Untersuchungsstellen

Verkehr

Ab einem Flächenanteil der Nutzung Verkehr von mehr 3 Prozent verfehlen 59 Prozent der Stellen (n = 19) die ökologischen Ziele nach MSK. Macht die Verkehrsfläche weniger als 3 Prozent des Gesamteinzugsgebietes aus, werden 64 Prozent der Fliessgewässerstellen (n = 130) gemäss ihres IBCH-Wertes als gut oder sehr gut beurteilt. Zwischen der Nutzungsdichte Verkehr am Gesamteinzugsgebiet und dem IBCH-Wert zeigt sich kein signifikanter Zusammenhang ($r_{sp} = -0.052$; $p = 0.4297$) (Fig. 49).

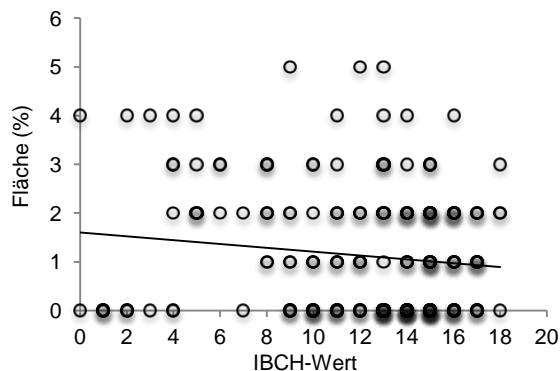


Fig. 49 Korrelation zwischen IBCH-Wert und Flächenanteil Verkehr am Gesamteinzugsgebiet der Untersuchungsstellen (dargestellt bis 6 Prozent Flächenanteil)

Landwirtschaft

Ist der Anteil an landwirtschaftlich genutzter Fläche grösser als 10 Prozent des Gesamteinzugsgebietes, verfehlen 37 Prozent der Untersuchungsstellen (n = 74) die ökologischen Ziele gemäss MSK Makrozoobenthos. Übersteigt der landwirtschaftliche Flächenanteil 50 Prozent des Einzugsgebietes, kann gut 60 Prozent der Untersuchungsstellen (n = 37) kein guter Zustand mehr

attestiert werden. Es zeigt sich ein leichter negativer Zusammenhang zwischen Nutzungsdichte Landwirtschaft und den IBCH-Werten der untersuchten Stellen ($r_{sp} = -0.169$; $p = 0.0097$) (Fig. 50).

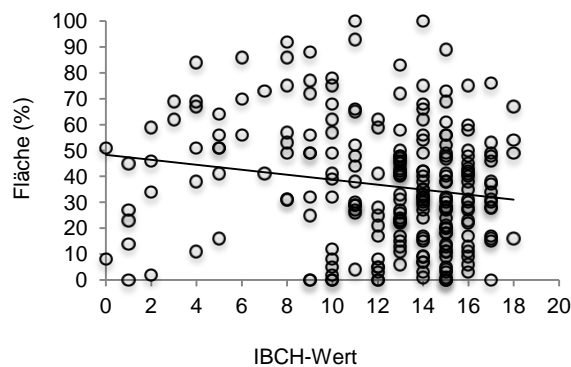


Fig. 50 Korrelation zwischen IBCH-Wert und Flächenanteil Landwirtschaft am Gesamteinzugsgebiet der Untersuchungsstellen

Wald

Überseigt der Flächenanteil Wald 50 Prozent, erfüllen 80 Prozent der Untersuchungen ($n = 45$) die gewässerökologischen Anforderungen. Liegt der Flächenanteil bei ≤ 10 Prozent, ist die Beurteilung mittels IBCH bei 42 Prozent der Stellen ($n = 36$) ausreichend gut. Für die Nutzung Wald ist ein positiver Zusammenhang zwischen Nutzungsdichte und Beurteilung mittels IBCH erkennbar ($r_{sp} = 0.32$; $p = 0.00$) (Fig. 51).

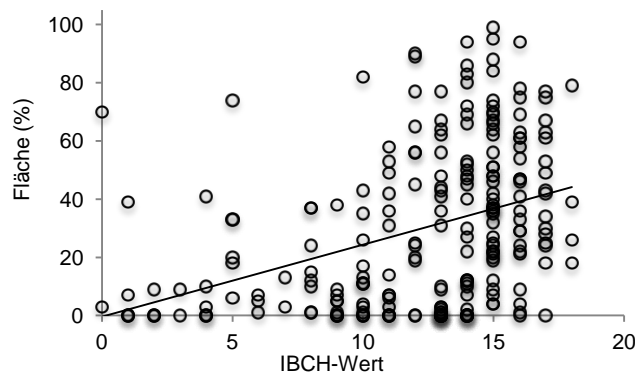


Fig. 51 Korrelation zwischen IBCH-Wert und Flächenanteil Wald am Gesamteinzugsgebiet der Untersuchungsstellen

BDM CH

Bei allen BDM CH-Untersuchungsstellen ist der Anteil an Obstflächen kleiner als 10 Prozent des Einzugsgebiets. Knapp 80 Prozent der Untersuchungsstellen ($n = 152$) haben keine Obstanbauflächen im Einzugsgebiet. Bei den kantonalen Untersuchungsstellen liegt der maximale Flächenanteil Obst bei 21 Prozent, wovon 34 Prozent der Stellen mit Obstanbau ($n = 73$) als ausreichend beurteilt werden. 54 Prozent der kantonalen Untersuchungsstellen weisen keinen Obstanbau im Einzugsgebiet auf.

Nur bei vier Messstellen des BDM CH werden Reben im Einzugsgebiet kultiviert. Zwei davon erfüllen die ökologischen Ziele nach MSK, zwei nicht.

33 Prozent der BDM CH Stellen haben Ackerland im Einzugsgebiet. Ist der Anteil Ackerland kleiner oder gleich 5 Prozent, erfüllen 69 Prozent der Stellen ($n = 100$) die Anforderungen; ist der Anteil grösser als 5 Prozent, erfüllen 57 Prozent ($n = 27$) die ökologischen Anforderungen des MSK.

Der Grossteil der Einzugsgebiete der BDM CH-Untersuchungsstandorte beinhaltet Grünland. Ist dessen Anteil am Einzugsgebiet grösser als 5 Prozent, erfüllen 70 Prozent ($n = 116$) die der ökologischen Ziele nach MSK. Bei einem Grünlandanteil kleiner oder gleich 5 Prozent wird 44 Prozent der Untersuchungsstellen ($n = 11$) ein guter Gewässerzustand attestiert.

Die Detailanalyse der BDM CH-Untersuchungen hinsichtlich der Landnutzung Ackerland zeigt, dass der Anteil der spezifischen Ackerlandnutzungen in den Einzugsgebieten der BDM CH-Stellen gering. Nur an 10 Untersuchungsstellen werden Hülsenfrüchte im Einzugsgebiet angebaut, wovon sieben Stellen die Anforderungen nicht erfüllen. Raps wird etwas öfter angebaut in den Einzugsgebieten der BDM CH-Stellen ($n = 33$), wobei gut die Hälfte dieser Bäche in einem guten gewässerökologischen Zustand ist. Im Einzugsgebiet von 15 BDM CH-Stellen wird Gemüse angebaut; 60 Prozent dieser Fließgewässer ($n = 9$) befinden sich in einem guten Zustand. Bei den Rüben sind es 21 Stellen, von denen 57 Prozent die Anforderungen erfüllen. Im Einzugsgebiet von 16 Untersuchungsstellen werden Kartoffeln angebaut. Acht Stellen davon sind in einem guten Zustand. Bei 53 Stellen wird Getreide im Einzugsgebiet angebaut, wobei 58 Prozent von diesen gemäss Beurteilung ihrer Makrozoobenthoslebensgemeinschaft in einem guten Zustand sind. Überseigt die Nutzungsichte Flächenanteil Getreide 10 Prozent, verfehlen 61 Prozent der Stellen die ökologischen Ziele nach MSK. Allerdings ist die Anzahl der untersuchten Fließgewässerstellen mit über 10 Prozent Flächenanteil Getreide mit 13 Stellen gering.

5.3.3. Landnutzung und IBGN

In diesem Kapitel wird der Einfluss der verschiedenen Landnutzungsarten auf jene Gewässer untersucht, deren ökologischer Zustand anhand des IBGN beurteilt wurde.

Siedlung

Von den 309 zur Verfügung stehenden IBGN-Untersuchungen verfehlen drei Viertel der Untersuchungsstellen ($n = 84$) mit einer Siedlungsfläche von mehr als 10 Prozent am Einzugsgebiet die gewässerökologischen Anforderungen. Liegt der Anteil Siedlungsfläche bei weniger oder gleich 10 Prozent des Einzugsgebietes, erfüllen 58 Prozent der Untersuchungsstellen ($n = 115$) die Anforderungen. Bei mehr als 50 Prozent Siedlungsanteil sind 95 Prozent ($n = 19$) der betreffenden Fließgewässer in einem ungenügenden Zustand. Im Vergleich zu den IBCH-Untersuchungen zeigt sich zwischen den IBGN-Werten und dem Flächenanteil Siedlung am Einzugsgebiet ein deutlicherer Zusammenhang ($r_{sp} = -0.366$; $p = 0.000$).

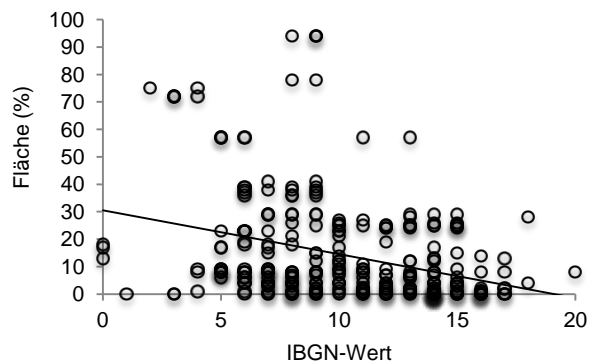


Fig. 52 Korrelation zwischen IBGN-Wert und Flächenanteil Siedlung am Gesamteinzugsgebiet der Untersuchungsstellen

Verkehr

Bei einer Verkehrsfläche von 3 Prozent oder mehr erfüllen 76 Prozent der IBGN-Stellen ($n = 96$) die ökologischen Ziele nach MSK nicht. Beträgt die Verkehrsfläche weniger als 3 Prozent der Gesamtfläche, werden 57 Prozent der Fließgewässerstellen ($n = 103$) anhand des IBGN als ökologisch ungenügend beurteilt. Zwischen der Nutzungsdichte Verkehr und dem IBGN-Wert besteht ein signifikanter Zusammenhang ($r_{sp} = -0.267$; $p = 0.000$) (Fig. 53).

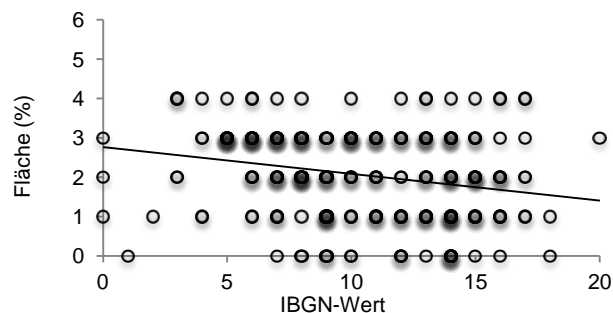


Fig. 53 Korrelation zwischen IBGN-Wert und Flächenanteil Verkehr am Gesamteinzugsgebiet der Untersuchungsstellen

Landwirtschaft

Ist der Anteil an landwirtschaftlich genutzter Fläche grösser als 10 Prozent des Einzugsgebiets, verfehlen 63 Prozent der Untersuchungsstellen ($n = 182$) die ökologischen Ziele. Übersteigt der Flächenanteil Landwirtschaft 50 Prozent des Einzugsgebiets, wird 80 Prozent der Stellen ($n = 84$) ein ungenügender ökologischer Zustand attestiert. Es zeigt sich ein schwacher negativer Zusammenhang zwischen der Nutzungsdichte Landwirtschaft und dem IBGN ($r_{sp} = -0.199$; $p = 0.000$) (Fig. 54). Ein mittlerer Zusammenhang besteht jeweils zwischen dem IBGN-Wert der Untersuchungsstelle und der Nutzungsdichte Reben ($r_{sp} = -0.4048$; $p = 0.000$) und Ackerland ($r_{sp} = -0.304$, $p = 0.000$). Für die einzelnen Teilnutzungen von Ackerland bestehen signifikante Zusammenhänge mit der Beurteilung durch den IBGN.

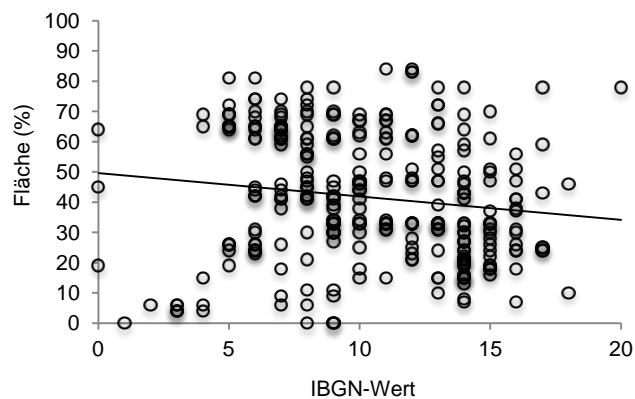


Fig. 54 Korrelation zwischen IBGN-Wert und Flächenanteil Landwirtschaft am Gesamteinzugsgebiet der Untersuchungsstellen

Wald

Ist der Flächenanteil Wald kleiner oder gleich 50 Prozent, verfehlen 70 Prozent der Untersuchungsstellen ($n = 172$) die gewässerökologischen Anforderungen gemäss ihrem IBGN-Wert. Bei einem Flächenanteil von mehr als 50 Prozent des Einzugsgebiets sinkt der Prozentsatz der ungenügenden Untersuchungsstellen auf 43 Prozent ($n = 27$). Zwischen dem Flächenanteil Wald im Einzugsgebiet und der Beurteilung des Gewässers anhand des IBGN besteht ein positiver Zusammenhang ($r_{sp} = 0.408$; $p = 0.000$) (Fig. 55).

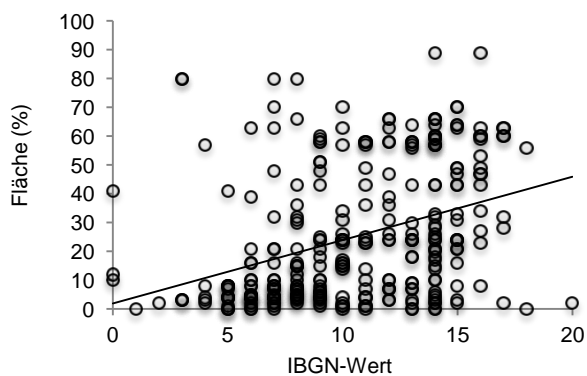
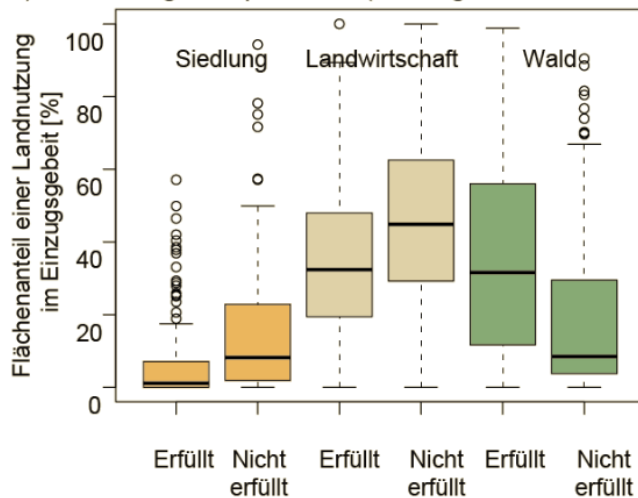


Fig. 55 Korrelation zwischen IBGN-Wert und Flächenanteil Wald am Gesamteinzugsgebiet der Untersuchungsstellen

5.3.4. Landnutzung und SPEAR

In diesem Kapitel wird der Zusammenhang zwischen den verschiedenen Landnutzungsarten im Einzugsgebiet eines Gewässers und der Beurteilung des ökologischen Zustandes anhand des $SPEAR_{pesticide}$ -Index für alle zur Verfügung stehenden Untersuchungen unabhängig von der Erhebungsmethode untersucht. Für 654 Stellen lag die Information zur Landnutzung im EZG und zur Zielerfüllung gemäss $SPEAR_{pesticide}$ -Index vor. Fig. 56a gibt einen Überblick über die Landnutzung Siedlung, Landwirtschaft und Wald und die Zielerfüllung gemäss $SPEAR_{pesticide}$ -Index. In Fig. 56b ist die Landnutzung Ackerland, Obst, Reben und Grünland in Zusammenhang mit der Erfüllung der Ziele nach $SPEAR_{pesticide}$ -Index dargestellt.

a) Landnutzung und Spear-Index (Siedlung, Landwirtschaft, Wald)



b) Landnutzung und Spear-Index (Ackerland, Obst, Reben, Grünland)

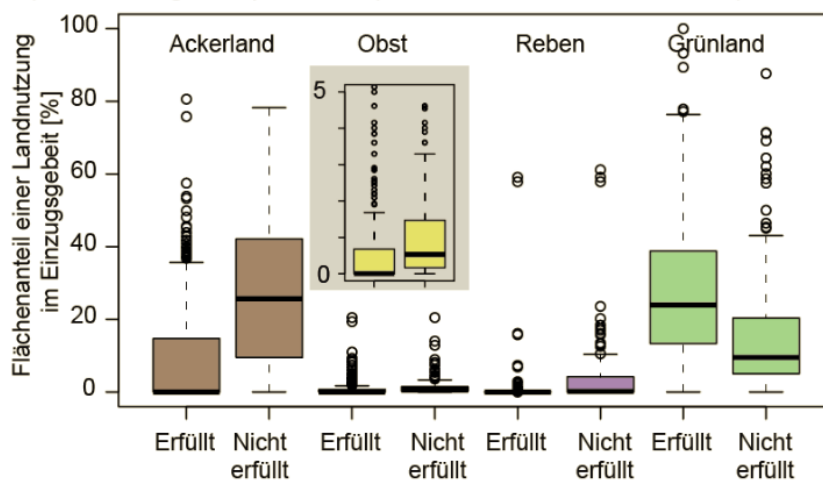


Fig. 56 Vergleich der Flächenanteile der verschiedenen Landnutzungen am Einzugsgebiet und der Zielerfüllung hinsichtlich des $SPEAR_{pesticide}$ -Index a) Zielerfüllung gemäss $SPEAR_{pesticide}$ -Index für die Flächenanteile Siedlung, Landwirtschaft und Wald am Einzugsgebiet und b) Zielerfüllung gemäss $SPEAR_{pesticide}$ -Index für die Flächenanteile Ackerland, Obst, Reben und Grünland am Einzugsgebiet

Siedlung

Für zwei Drittel der 654 zur Verfügung stehenden Untersuchungen mit einer Siedlungsfläche von mehr als 10 Prozent im Einzugsgebiet erfüllt der berechnete $SPEAR_{pesticide}$ -Index nicht die gesetzten Ziele. Übersteigt der Flächenanteil Siedlung 50 Prozent, verfehlen knapp 90 Prozent der Untersuchungsstellen ($n = 17$) die gewässerökologischen Anforderungen (Fig. 57). Ist die

Siedlungsfläche kleiner oder gleich 10 Prozent des Einzugsgebietes, werden 66 Prozent der Fliessgewässerstellen (n = 301) anhand des SPEAR_{pesticide}-Index als gut oder sehr gut beurteilt.. Deutlicher als beim IBCH und IBGN hängt die Nutzungsdichte Siedlung mit dem SPEAR_{pesticide}-Index zusammen ($r_{sp} = -0.532$; $p = 0.000$).

Verkehr

Bei einer Verkehrsfläche von 3 Prozent oder mehr erfüllen 68 Prozent der Stellen (n = 134) nicht die gewässerökologischen Ziele nach dem SPEAR_{pesticide}-Index. Ist die Siedlungsfläche kleiner als 3 Prozent der Gesamtfläche, sind 33 Prozent der Fliessgewässerstellen (n = 152) beurteilt anhand des SPEAR_{pesticide}-Index in einem ungenügenden ökologischen Zustand. Zwischen der Nutzungsdichte Verkehr und dem SPEAR_{pesticide}-Index zeigt sich ein signifikanter Zusammenhang ($r_{sp} = -0.445$; $p = 0.000$). Auch wenn der Einsatz von Pestiziden bei Verkehrsflächen vorkommt, ist die Stärke des Zusammenhangs erstaunlich. Neben den stofflichen Einträgen von den Verkehrsflächen ist hier mit zusätzlichen negativen Faktoren in Zusammenhang mit der Nutzung Verkehr zu rechnen wie zum Beispiel weitere stoffliche Einträge aus anderen Nutzungen im Einzugsgebiet oder auch ein mangelnder ökomorphologischer Zustand der Gewässer.

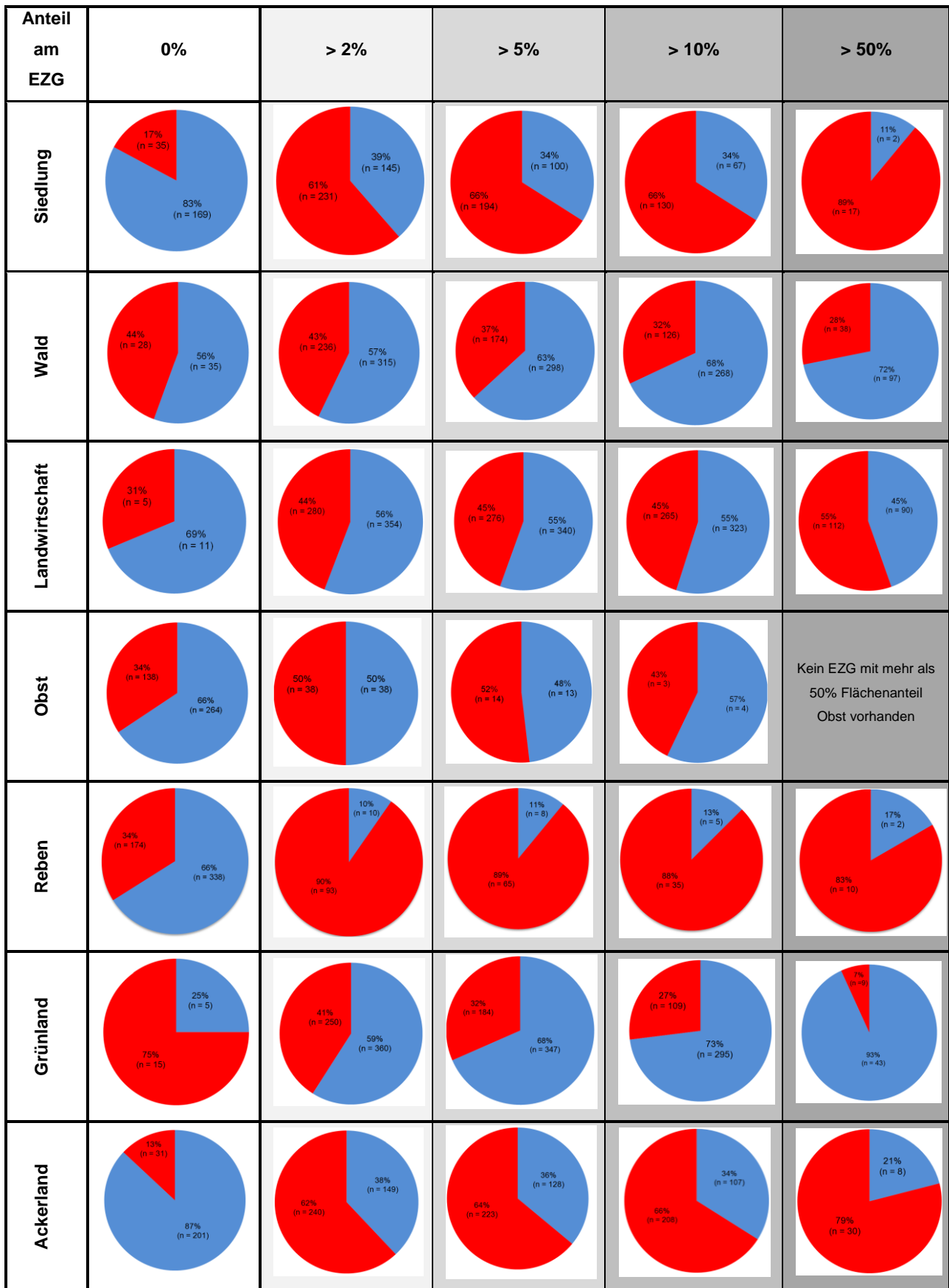


Fig. 57 Anteil Proben, die die Ziele nach dem SPEAR_{pesticide}-Index erfüllen (blau) bzw. nicht erfüllen (rot) in Bezug zur Landnutzung im Einzugsgebiet (EZG) - wenn die jeweilige Nutzung nicht vorkommt (0%) bzw. grösser 2%, grösser 5%, grösser 10% oder grösser 50% des Einzugsgebiets ist

Landwirtschaft

Ist der Anteil landwirtschaftlich genutzter Fläche grösser als 10 Prozent des Gesamteinzugsgebietes, erreichen 45 Prozent der Untersuchungsstellen ($n = 265$) beurteilt anhand des $\text{SPEAR}_{\text{pesticide}}$ -Index keine ausreichend gute Bewertung (Fig. 57). Wird mehr als die Hälfte des Einzugsgebiets landwirtschaftlich genutzt, kann 55 Prozent der Proben ($n = 112$) kein guter Zustand attestiert werden (Fig. 57). Selbst bei einer geringen landwirtschaftlicher Nutzungsdichte von weniger als 5 Prozent, scheinen gemäss $\text{SPEAR}_{\text{pesticide}}$ -Index noch rund ein Viertel der Fliessgewässerstellen mit Pestiziden belastet. Zwischen der Landnutzungsdichte Landwirtschaft und dem $\text{SPEAR}_{\text{pesticide}}$ -Index zeigt sich ein leichter Zusammenhang ($r_{\text{sp}} = -0.301$; $p = 0.000$).

Die Zusammenhänge zwischen Landnutzung und $\text{SPEAR}_{\text{pesticide}}$ -Index werden auch hier deutlicher, wenn zwischen den verschiedenen Nutzungsformen unterschieden wird. Ist der Anteil Ackerland grösser als 10 Prozent, gibt der Index bei 66 Prozent der Proben ($n = 208$) eine Belastung durch Pestizide an (Fig. 57). Ist der Flächenanteil Ackerland kleiner oder gleich 10 Prozent, ergibt sich bei 21 Prozent der Proben ($n = 68$) eine Beeinträchtigung anhand des $\text{SPEAR}_{\text{pesticide}}$ -Index. Bei einem Flächenanteil Reben grösser als 10 Prozent gibt bei 88 Prozent der Untersuchungen ($n = 35$) der $\text{SPEAR}_{\text{pesticide}}$ -Index eine Beeinträchtigung durch Pestizide an (Fig. 57). Ist der Flächenanteil Reben kleiner oder gleich 10 Prozent, weist der Index bei 39 Prozent der Untersuchungen ($n = 222$) auf eine Beeinträchtigung hin. Beim Flächenanteil Obst können diese Zusammenhänge nicht in gleicher Weise gezeigt werden. Die Anzahl an Untersuchungsstellen mit grösseren Flächen Obst im Einzugsgebiet ist im vorhandenen Datensatz gering. So gibt es insgesamt nur 7 Stellen mit mehr als 10 Prozent Obstanbauflächen im Einzugsgebiet. Ein mittlerer Zusammenhang besteht zwischen dem $\text{SPEAR}_{\text{pesticide}}$ -Index und Nutzungsdichte Reben ($r_{\text{sp}} = -0.49$; $p = 0.000$) und Ackerland ($r_{\text{sp}} = -0.573$, $p = 0.000$). Die Nutzungsdichte sämtlicher Unterkategorien von Ackerland hängen signifikant mit der Beurteilung durch den $\text{SPEAR}_{\text{pesticide}}$ -Index zusammen. Die stärksten negativen Zusammenhänge sind ersichtlich bei den Hülsenfrüchten ($r_{\text{sp}} = -0.577$; $p = 0.000$), gefolgt vom Getreide ($r_{\text{sp}} = -0.566$; $p = 0.000$), dem Raps ($r_{\text{sp}} = -0.558$; $p = 0.000$), dem Gemüse ($r_{\text{sp}} = -0.508$; $p = 0.000$), dem Mais ($r_{\text{sp}} = -0.466$; $p = 0.000$), den Kartoffeln ($r_{\text{sp}} = -0.385$, $p = 0.000$), den Hülsenfrüchten ($r_{\text{sp}} = -0.346$; $p = 0.000$) und den Kunstwiesen ($r_{\text{sp}} = -0.401$, $p = 0.000$). Bei der Nutzung den Alp- bzw. Jurawiesenweiden, wo von einem geringen Pestizideinsatz ausgegangen wird, besteht ein positiver Zusammenhang zwischen der Nutzungsdichte und dem $\text{SPEAR}_{\text{pesticide}}$ -Index ($r_{\text{sp}} = 0.519$, $p = 0.000$).

Wald

Macht der Flächenanteil Wald mehr als 50 Prozent am Gesamteinzugsgebiet aus, wird bei 72 Prozent der Proben ($n = 97$) keine Beeinträchtigung durch Pestizide gemäss $\text{SPEAR}_{\text{pesticide}}$ -Index angezeigt (Fig. 57). Bei einem Flächenanteil von weniger als 10 Prozent Wald ist jedoch bei 62 Prozent der Untersuchungen ($n = 160$) nach dem $\text{SPEAR}_{\text{pesticide}}$ -Index eine Beeinträchtigung durch Pestizide wahrscheinlich. Der Zusammenhang zwischen der Nutzungsdichte Wald und dem $\text{SPEAR}_{\text{pesticide}}$ -Index ist allerdings nur gering ($r_{\text{sp}} = 0.242$; $p = 0.000$).

6. FAZIT UND AUSBLICK

Mit dieser Auswertung liegt erstmals eine gesamtschweizerische Bestandsaufnahme des biologischen Gewässerzustandes der kleinen und kleinsten Fliessgewässer vor. Dank der zur Verfügung gestellten Untersuchungen konnten erste wichtige Erkenntnisse über deren Gewässerzustand gewonnen werden. Die Anzahl der Proben war mit über 700 Untersuchungen beachtlich gross. Alle vorliegenden Untersuchungen wurden hinsichtlich der Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK und einer möglichen Belastungen durch Pestizide anhand des $SPEAR_{pesticide}$ -Index beurteilt. Die Untersuchungen unterscheiden sich jedoch erheblich, da verschiedene Erhebungs- und Auswertungsmethoden verwendet wurden und die Auswahl der Stellen unterschiedlich erfolgte. Deshalb wurden die einzelnen Erhebungs- und Auswertungsmethoden (insbesondere der IBCH & IBGN) auch separat betrachtet, wodurch repräsentativ Aussagen für kleine dafür aber homogene Stichproben zur Verfügung stehen.

Deutlich zeigte sich, dass an kleinen Bächen erhebliche biologische Defizite bestehen. Bei knapp der Hälfte aller untersuchten Fliessgewässer wurden die Ziele nach dem $SPEAR_{pesticide}$ -Index nicht erreicht, was auf eine Belastung des Gewässers durch Pestizide hinweisen könnte. Ebenfalls beinahe 50 Prozent der untersuchten Standorte entsprachen nicht den ökologischen Zielen gemäss MSK. Wurden allerdings nur die Untersuchungen des Biodiversitätsmonitorings Schweiz (BDM CH) betrachtet, die im Gegensatz zu den Proben der kantonalen Gewässerschutzfachstellen mittels systematischem Stichprobengitter und unabhängig von der jeweiligen Landnutzung im Einzugsgebiet ausgewählt wurden, steigt der Anteil der Proben, die die ökologischen Ziele nach Modul-Stufen-Konzept erfüllten, auf rund 66 Prozent. So sind für die Interpretation der Untersuchungsergebnisse die Hintergründe für die Auswahl der Untersuchungsstellen von wesentlicher Bedeutung. Zusätzlich muss aber auch die Kenntnis über die unterschiedlichen Erhebungs- und Beurteilungsmethoden vorhanden sein. Denn die verschiedenen Beurteilungsmethoden (Indices) geben Hinweise auf unterschiedliche Defizite. Anhand des IBCH und IBGN wird zum Beispiel der Einfluss der Wasserqualität und der Struktur des Gewässers beurteilt. Der $SPEAR_{pesticide}$ -Index hingegen gibt Hinweise auf Beeinträchtigungen des Makrozoobenthos durch Pestizide. Für den $SPEAR_{pesticide}$ -Index wurden daher die stärksten Zusammenhänge mit der Landnutzung im Einzugsgebiet erwartet, was für viele Formen der Landnutzung und vor allem bei der landwirtschaftlichen Nutzung auch der Fall war.

Die Untersuchungsergebnisse von kleinen Gewässern deuten darauf hin, dass gerade in den intensiver genutzten tiefen Lagen grosse Mängel bestehen. In der Hügelstufe unterhalb von 600 m ü. M. verfehlten 58 Prozent der Untersuchungen die ökologischen Ziele nach MSK. Die anhand des Makrozoobenthos beurteilten kleinen Fliessgewässern zwischen 301 und 400 m ü. M. zeigten die grössten Defizite mit mehr als 70 Prozent gewässerökologisch ungenügend beurteilter Proben. Bächen oberhalb von 600 m ü. M. konnte hingegen mehrheitlich ein guter ökologischer Zustand attestiert werden. Die Gründe für das schlechtere Abschneiden in tiefen Lagen sind vermutlich der grössere Nutzungsdruck wie auch die grösseren ökomorphologischen Defizite der Gewässer.

Anhand der vorliegenden Auswertungen kann abschliessend nun grob beurteilt werden, wie es um den gewässerökologischen Zustand der kleinen Fliessgewässer steht. Vor allem die Daten des BDM CH sind aber zweifellos ein erster Schritt in Richtung einer repräsentativen Abbildung der Belastungssituation der kleinen Fliessgewässer in der gesamten Schweiz. Die Anzahl der Untersuchungen des BDM CH ist bis anhin jedoch gering und berücksichtigt auch keine Kleinstgewässer (FLOZ 1). Diese von den kantonalen Gewässerschutzfachstellen zur Verfügung gestellten Untersuchungen an Kleinstgewässern (FLOZ 1) machten 30 Prozent des gesamten Datensatzes aus. Zwei Drittel dieser Makrozoobenthosuntersuchungen zeigten einen ungenügenden gewässerökologischen Zustand an. Die Auswahl der Fliessgewässerstandorte der kantonalen Gewässerschutzfachstellen wurde zum Teil geprägt von vermuteten oder bekannten Belastungen und war nicht wie die Untersuchungsstellen des BDM CH gleichmässig über die gesamte Schweiz verteilt. Die Ergebnisse für die Gewässer mit FLOZ 1 sind demnach nicht für die gesamte Schweiz und insbesondere nicht für alle Höhenlagen repräsentativ, da die untersuchten Kleinstgewässer (FLOZ 1) bis auf wenige Ausnahmen in tiefen Lagen mit intensiver Landnutzung liegen. Über den Zustand der kleinen Fliessgewässer (FLOZ 1 & 2) mit grösserem Nutzungsdruck in den Einzugsgebieten gibt somit der Datensatz der kantonalen Gewässerschutzfachstellen besser Auskunft. Problematisch bei diesen Untersuchungsdaten ist aber die geringere Vergleichbarkeit aufgrund der unterschiedlichen Erhebungs- und Auswertungsmethoden. Dank dem seit 2010 vorliegenden Modul Makrozoobenthos des Modul-Stufen-Konzept (Stucki, 2010) dürfte sich zukünftig die Vergleichbarkeit der Untersuchungen verbessern.

Da sich bei der Bewertung der kleinen Fliessgewässer anhand des Moduls Makrozoobenthos (Stucki, 2010) zum Teil aufgrund der teilweise geringen und variablen Wasserführung, der teilweise geringen Gewässerbreite, der geringeren Diversitätszahl bei Makrozoobenthos in sehr kleinen Fliessgewässern und der geringeren Anzahl an Habitaten methodische Probleme ergeben können, wäre eine ergänzende Beurteilung des Gewässerzustandes wie beim BDM CH anhand der sensiblen Bioindikatoren Eintags-, Stein- und Köcherfliegenlarven (EPT) möglichst auf Artniveau sinnvoll.

Die Ergebnisse der Auswertungen zeigen, dass auch zukünftig ein Fokus auf diese kleinen Fliessgewässer mit grossem Nutzungsdruck äusserst lohnenswert wäre. Die Landnutzungsanalyse ergab, dass vor allem die Gewässer mit intensiver Landnutzung im Einzugsgebiet besonders belastet zu sein scheinen. Um den Einfluss der Landnutzung im Einzugsgebiet auf die Gewässerqualität zu beurteilen, bewährte sich der $SPEAR_{pesticide}$ -Index am Besten. Dieser brachte über beinahe alle Landnutzungsformen hinweg die stärksten Zusammenhänge zwischen Nutzungsdichte und Beurteilung des Gewässerzustandes zu Tage. Die stärksten Zusammenhänge wurden bei der landwirtschaftlichen Nutzung, insbesondere bei der Teilnutzung Ackerland gefunden. Hingegen war der Zusammenhang zwischen dem IBCH bzw. IBGN und der Landnutzungsdichte im Einzugsgebiet meist gering, da diese Indices neben den Aussagen zur Wasserqualität auch die Ökomorphologie in die Beurteilung mit einbeziehen.

Als Belastungsquellen standen in dieser Auswertung die einzelnen diffusen Quellen von Mikroverunreinigungen aus dem Einzugsgebiet im Fokus, die in Zusammenhang mit dem Gewässerzustand betrachtet wurden. Im Grossteil der Einzugsgebiete kommen jedoch mehrere

Landnutzungen vor. Eine Auswertung hinsichtlich multipler Belastung aus dem Einzugsgebiet erfolgte hier nicht. Neben diesem Zusammenwirken der verschiedenen Landnutzungen im Einzugsgebiet wäre zukünftig sicherlich unter anderem auch die Betrachtung des Zusammenhangs zwischen der Ökomorphologie und dem Gewässerzustand von Interesse, da auch die lokale und regionale Gewässerstruktur die ökologische Qualität des Makrozoobenthos beeinflusst (Breyer, 2012).

7. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Fig. 1 Aussagekraft des Makrozoobenthos zur Beurteilung der Aspekte Gewässerraum, Wasserführung und Wasserqualität (Grafik in Anlehnung an Känel et al. 2010).....	7
Fig. 2 Anteil der Flie遝sstrecke pro Flussordnungszahl (FLOZ) in Prozent des gesamten Gewässernetzes der Schweiz. Flie遝sstrecken mit der FLOZ 1 und 2 werden als „klein“ bezeichnet (Abbildung aus: Munz et al., 2012).....	8
Fig. 3 Bewertung der BDM CH Proben nach EPT-Index (modifiziert nach NCDEHNR, 1997)	13
Fig. 4 Alle untersuchten Flie遝sgewässer-Standorte (n = 406) im Zeitraum von 2005 bis 2013, aufgeschlüsselt nach dem Ursprung der Daten (gelbe Punkte: BDM CH, rote Punkte: Kantonale Gewässerschutzfachstellen).....	15
Fig. 5 Alle untersuchten Flie遝sgewässer-Standorte (n = 406) im Zeitraum von 2005 bis 2013, aufgeschlüsselt nach Flussgrösse (FLOZ 1 und FLOZ 2)	16
Fig. 6 Anzahl der Makrozoobenthos-Proben pro Monat im Zeitraum 2005 bis 2013.....	16
Fig. 7 Alle untersuchten Flie遝sgewässer-Standorte (n = 406) im Zeitraum von 2005 bis 2013, aufgeschlüsselt nach drei Höhenstufen	17
Fig. 8 Prozentuale Verteilung der verschiedenen angewandten Indices (Erhebungsmethoden) der Makrozoobenthos-Proben von kleinen Flie遝sgewässern im Zeitraum von 2005 bis 2013.....	17
Fig. 9 Alle untersuchten Flie遝sgewässer-Standorte (n = 406) im Zeitraum von 2005 bis 2013, aufgeschlüsselt nach den verwendeten Auswertungsmethoden (Indices)	18
Fig. 10 Ökologischer Zustand der Flie遝sgewässer beurteilt nach IBCH, IBGN, Makroindex, Saprobienindex und SPEAR _{pesticide} -Index. Oberhalb der strichlierten Linie erreichen die Flie遝sgewässer nach MSK die ökologischen Ziele, unterhalb der strichlierten Linie sind die ökologischen Ziele nach MSK nicht erreicht. Beim SPEAR _{pesticide} -Index werden Werte oberhalb der strichlierten Linie der Zielerfüllung und Werte unterhalb der Nicht-Zielerfüllung zugeschrieben. * Beim Saprobienindex werden im Gegensatz zu den anderen Indices nicht die obersten zwei Klassen sondern die obersten drei Klassen nach gängiger Aufteilung der Erfüllung der ökologischen Ziele zugeordnet.	19
Fig. 11 Anteil aller Proben aufgeschlüsselt nach Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK an Flie遝sgewässer mit der FLOZ 1 oder 2	20
Fig. 12 Anzahl aller Proben an Flie遝sgewässer der FLOZ 1 und 2 aufgeschlüsselt nach Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK pro 100 m Höhenstufe im Zeitraum von 2005 bis 2013.....	21
Fig. 13 Anzahl der Flie遝sgewässer aufgeschlüsselt nach Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung der Anforderungen der ökologischen Ziele nach MSK pro Höhenstufe im Zeitraum von 2005 bis 2013 ...	21
Fig. 14 Anteil der Flie遝sgewässer mit der FLOZ 1 aufgeschlüsselt nach Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK in der West- und Ostschweiz.....	22
Fig. 15 Anteil der Flie遝sgewässer mit der FLOZ 2 aufgeschlüsselt nach Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK in der West- und Ostschweiz.....	22
Fig. 16 Anzahl der Flie遝sgewässeruntersuchungen aufgeschlüsselt nach Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK pro Monat im Zeitraum von 2005 bis 2013 sowie die Anzahl der Proben pro Monat.....	23

Fig. 17 Anzahl der IBCH-Proben (MSK 2010) an Fliessgewässern der FLOZ 1 und 2 aufgeschlüsselt nach Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK pro 100 m Höhenstufe im Zeitraum von 2005 bis 2013.....	24
Fig. 18 Anzahl der IBCH-Proben (MSK 2010) aufgeschlüsselt nach Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK pro Höhenstufe im Zeitraum von 2005 bis 2013.....	24
Fig. 19 Mittelwerte der IBCH-Taxazahl sowie des IBCH-Wertes aller IBCH-Proben (MSK 2010) mit FLOZ 1 oder 2 im Zeitraum von 2005 bis 2013 in drei verschiedenen Höhenstufen.....	25
Fig. 20 Anzahl der BDM CH-Proben an Fliessgewässer mit FLOZ 2 aufgeschlüsselt nach Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung der Anforderungen der ökologischen Ziele nach MSK pro 100 m Höhenstufe im Zeitraum von 2010 bis 2013.....	26
Fig. 21 Anzahl der IBCH-Proben der kantonalen Gewässerschutzfachstellen an Fliessgewässer mit der FLOZ 1 oder 2 aufgeschlüsselt nach Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK pro 100 m Höhenstufe im Zeitraum von 2005 bis 2013	26
Fig. 22 Anzahl der BDM CH-Proben aufgeschlüsselt nach Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK in drei Höhenstufe im Zeitraum von 2010 bis 2013.....	26
Fig. 23 Anzahl der IBCH Proben der kantonalen Gewässerschutzfachstellen aufgeschlüsselt nach Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK in drei Höhenstufe im Zeitraum von 2005 bis 2013.....	26
Fig. 24 Anzahl der IBGN-Proben an Fliessgewässer mit FLOZ 1 und 2 aufgeschlüsselt nach Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK pro 100 m Höhenstufe von 2005 bis 2013	27
Fig. 25 Anzahl der IBGN-Proben aufgeschlüsselt nach Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK pro Höhenstufe im Zeitraum von 2005 bis 2013.....	28
Fig. 26 Mittelwerte Ephemeroptera- (Eintagsfliegen), Plecoptera- (Steinfliegen) und Trichoptera- (Köcherfliegen) Larven aller BDM CH Proben im Zeitraum von 2010 bis 2013 pro Höhenstufe.....	28
Fig. 27 Bewertung der BDM CH Proben nach EPT-Index (modifiziert nach NCDEHNR, 1997)	29
Fig. 28 Anzahl der BDM CH Proben aufgeschlüsselt nach Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung der Anforderungen beurteilt mittels EPT-Index pro Höhenstufe im Zeitraum von 2010 bis 2013.....	29
Fig. 29 Anzahl der BDM CH Proben aufgeschlüsselt nach Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK beurteilt mittels EPT-Index pro Höhenstufe im Zeitraum von 2010 bis 2013.....	29
Fig. 30 Anzahl der Makroindex-Proben aufgeschlüsselt nach Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK pro Höhenstufe im Zeitraum von 2005 bis 2013.....	30
Fig. 31 Anzahl der Proben bewertet anhand des $SPEAR_{pesticide}$ -Index an Fliessgewässer mit FLOZ 1 und 2 aufgeschlüsselt nach „Nicht-Zielerfüllung SPEAR“ bzw. nach „Zielerfüllung SPEAR“ pro 100 m Höhenstufe im Zeitraum von 2005 bis 2013.....	31
Fig. 32 Anzahl der Proben beurteilt anhand des $SPEAR_{pesticide}$ -Index aufgeschlüsselt nach Nicht-Zielerfüllung SPEAR bzw. Zielerfüllung SPEAR pro Höhenstufe im Zeitraum von 2005 bis 2013.....	31
Fig. 33 Darstellung des Zusammenhangs zwischen dem $SPEAR_{pesticide}$ -Index (Prozent) und Höhenlage der Untersuchungsstelle (Meter über Meer)	31
Fig. 34 Anzahl der Fliessgewässer aufgeschlüsselt nach Nicht-Zielerfüllung SPEAR bzw. Zielerfüllung SPEAR pro Monat im Zeitraum vom 2005 bis 2013	32

<i>Fig. 35 Anzahl und Anteil der SPEAR-Proben aufgeteilt nach Zielerfüllung SPEAR für die Perioden Mai bis November (häufigere Pestizidapplikation) und Dezember bis April (geringere Pestizideapplikation).....</i>	<i>32</i>
<i>Fig. 36: Flächenanteile der Nutzung Landwirtschaft, Siedlung und Verkehr in den Einzugsgebieten der untersuchten Gewässerstellen, dargestellt für die beiden Gewässergrössen FLOZ 1 und 2</i>	<i>34</i>
<i>Fig. 37: Flächenanteile der Nutzung Reben in den Einzugsgebieten der untersuchten Gewässerstellen, dargestellt für die beiden Gewässergrössen FLOZ 1 und 2</i>	<i>34</i>
<i>Fig. 38: Flächenanteile der Nutzung Ackerland in den Einzugsgebieten der untersuchten Gewässerstellen, dargestellt für die beiden Gewässergrössen FLOZ 1 und 2</i>	<i>34</i>
<i>Fig. 39 Gesamtfläche der Nutzung Siedlung in den Einzugsgebieten der untersuchten Gewässerstellen aufgeteilt in Ost- und Westschweiz</i>	<i>35</i>
<i>Fig. 40 Gesamtfläche der Nutzung Verkehr in den Einzugsgebieten der untersuchten Gewässerstellen aufgeteilt in der Ost- und Westschweiz</i>	<i>35</i>
<i>Fig. 41 Gesamtfläche der Nutzung Landwirtschaft in den Einzugsgebieten der untersuchten Gewässerstellen aufgeteilt in Ost- und Westschweiz</i>	<i>35</i>
<i>Fig. 42 Mittlere Flächenanteile der Nutzung Landwirtschaft am Einzugsgebiet aufgeteilt in Ost- und Westschweiz (dargestellt bis 30 Prozent)</i>	<i>36</i>
<i>Fig. 43 Mittlere Flächenanteile der Teilnutzungen des Ackerlands am Einzugsgebiet aufgeteilt in Ost- und Westschweiz (dargestellt bis 7 Prozent)</i>	<i>36</i>
<i>Fig. 44 Mittlere Flächenanteile der Nutzung Siedlung am Gesamteinzugsgebiet aufgeteilt in Ost- und Westschweiz (dargestellt bis 10 Prozent)</i>	<i>36</i>
<i>Fig. 45 Mittlere Flächenanteile der Nutzung Verkehr am Gesamteinzugsgebiet aufgeteilt in Ost- und Westschweiz (dargestellt bis 1,8 Prozent)</i>	<i>36</i>
<i>Fig. 46: Vergleich der Flächenanteile der verschiedenen Landnutzungen am Einzugsgebiet und der Erfüllung der ökologischen Ziele gemäss Modul-Stufen-Konzept a) Erfüllung der ökologischen Ziele gemäss MSK für die Flächenanteile Siedlung, Landwirtschaft und Wald am Einzugsgebiet und b) Erfüllung der ökologischen Ziele gemäss MSK für die Flächenanteile Ackerland, Obst, Reben und Grünland am Einzugsgebiet</i>	<i>37</i>
<i>Fig. 47 Anteil Proben, die die ökologischen Anforderungen des MSK erfüllen (blau) bzw. nicht erfüllen (rot) in Bezug zur Landnutzung im Einzugsgebiet (EZG) - wenn die jeweilige Nutzung nicht vorkommt (0%) bzw. grösser 2%, grösser 5%, grösser 10% oder grösser 50% des Einzugsgebiets ist</i>	<i>40</i>
<i>Fig. 48 Korrelation zwischen IBCH-Wert und Flächenanteil Siedlung am Gesamteinzugsgebiet der Untersuchungsstellen</i>	<i>42</i>
<i>Fig. 49 Korrelation zwischen IBCH-Wert und Flächenanteil Verkehr am Gesamteinzugsgebiet der Untersuchungsstellen (dargestellt bis 6 Prozent Flächenanteil)</i>	<i>42</i>
<i>Fig. 50 Korrelation zwischen IBCH-Wert und Flächenanteil Landwirtschaft am Gesamteinzugsgebiet der Untersuchungsstellen.....</i>	<i>43</i>
<i>Fig. 51 Korrelation zwischen IBCH-Wert und Flächenanteil Wald am Gesamteinzugsgebiet der Untersuchungsstellen</i>	<i>43</i>
<i>Fig. 52 Korrelation zwischen IBGN-Wert und Flächenanteil Siedlung am Gesamteinzugsgebiet der Untersuchungsstellen</i>	<i>45</i>

<i>Fig. 53 Korrelation zwischen IBGN-Wert und Flächenanteil Verkehr am Gesamteinzugsgebiet der Untersuchungsstellen</i>	<i>45</i>
<i>Fig. 54 Korrelation zwischen IBGN-Wert und Flächenanteil Landwirtschaft am Gesamteinzugsgebiet der Untersuchungsstellen.....</i>	<i>46</i>
<i>Fig. 55 Korrelation zwischen IBGN-Wert und Flächenanteil Wald am Gesamteinzugsgebiet der Untersuchungsstellen</i>	<i>46</i>
<i>Fig. 56 Vergleich der Flächenanteile der verschiedenen Landnutzungen am Einzugsgebiet und der Zielerfüllung hinsichtlich des $SPEAR_{pesticide}$-Index a) Zielerfüllung gemäss $SPEAR_{pesticide}$-Index für die Flächenanteile Siedlung, Landwirtschaft und Wald am Einzugsgebiet und b) Zielerfüllung gemäss $SPEAR_{pesticide}$-Index für die Flächenanteile Ackerland, Obst, Reben und Grünland am Einzugsgebiet</i>	<i>47</i>
<i>Fig. 57 Anteil Proben, die die Ziele nach dem $SPEAR_{pesticide}$-Index erfüllen (blau) bzw. nicht erfüllen (rot) in Bezug zur Landnutzung im Einzugsgebiet (EZG) - wenn die jeweilige Nutzung nicht vorkommt (0%) bzw. grösser 2%, grösser 5%, grösser 10% oder grösser 50% des Einzugsgebiets ist</i>	<i>49</i>

8. LITERATURVERZEICHNIS

- BAFU. (2010). From <http://www.bafu.admin.ch/hydrologie/01835/02118/02120/index.html?lang=de>
- Beketov & Liess. (2008). An indicator for effects of organic toxicants on lotic invertebrate communities: independence of confounding environmental factors over an extensive river continuum. *156*, 980-987.
- Beketov, M., Foit, K., Schäfer, R., Schriever, C., Sacchi, A., Capri, E., et al. (2009). *SPEAR indicates pesticide effects in streams - comparative use of species- and family-level biomonitoring data*. (Vol. 157). Environmental Pollution.
- Binderheim, E., & Göggel, W. (2007). *Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Äusserer Aspekt*. Bern: Umwelt-Vollzug Nr. 0701 Bundesamt für Umwelt.
- BLW. (05. 11 2013). *Gewässeranschlusskarte zeigt Risiken für Eintrag von Stoffen in Gewässern an*. (B. f. (BLW), Editor) Retrieved 06. 06 2014 from <http://www.news.admin.ch/message/index.html?lang=de&msg-id=50836>
- Boschi, C., Bertiller, R., & Coch, T. (2003). *Die kleinen Fließgewässer - Bedeutung, Gefährdung, Aufwertung*. Zürich: vdf Hochschulverlag AG an der ETZ Zürich.
- Bostelmann, R. (2004). Ökologische Funktion kleiner Fließgewässer im Wald und ihre Bedeutung. *Fließgewässer im Wald*, pp. 7-29.
- Breyer, P. (2012). Skalenabhängiger Einfluss der Gewässerstruktur auf die ökologische Qualität des Makrozoobenthos.
- BUWAL (2004). *Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer: Makrozoobenthos Stufe F (flächendeckend). Entwurf für die Erprobung vom März 2004*. Bern: BUWAL.
- BUWAL. (2005). *Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer in der Schweiz - Makrozoobenthos Stufe F (flächendeckend)*. . Bern: Dokumentationsdienst Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft.
- BUWAL. (1998). *Mitteilungen zum Gewässerschutz Nr. 26, Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer: Modul-Stufen-Konzept*.
- Gewässerschutzgesetz (GSchG). (n.d.). 814.20 .
- Gewässerschutzverordnung (SR 814.20)
- <http://www.news.admin.ch/message/index.html?lang=de&msg-id=50836>. (2013) *Gewässeranschlusskarte*.
- Imhof et al. (2005). *Dauerüberwachung der Fließgewässer in den Urkantonen*. Kantone Uri, Schwyz, Obwalden, Nidwalden und Luzern, Altdorf.
- Känel, B., Steinmann, P., Sinniger, J., & Niederhauser, P. (2010). Zustand der Fließgewässer in den Einzugsgebieten von Furtbach, Jonen und Reppisch Messkampagne 2008/2009. (W. E. AWEL Amt für Abfall, Ed.)

- Kaske, O., & Liess, M. (2013). *Abschlussbericht des Interreg IV-Projekts: "Ökotoxikologischer Index zur Gewässerbewertung im Bodenseeeinzugsgebiet"*. Leipzig: unveröffentlichter Bericht.
- Koordinationsstelle BDM. (2014). *Biodiversitätsmonitoring Schweiz BDM. Beschreibung der Methoden und Indikatoren*. (Vols. Umwelt-Wissen). (B. f. Umwelt, Ed.) Bern.
- Liess, M. (2003). Kleine Fliessgewässer in der Kluturlandschaft. In UFZ-Umweltforschungszentrum, & UFZ-Umweltforschungszentrum (Ed.), *Forschen für die Umwelt* (Vol. 4). Leipzig: UFZ-Umweltforschungszentrum.
- Liess, M., & von der Ohe, P.C. (2005). *Analyzing effects of pesticides on invertebrate communities in streams*. (Vol. 24). Environmental Toxicology and Chemistry.
- Lubini et al. (2012). *Die Steinfliegen der Schweiz (Plecoptera) - les Plécopètes de Suisse. Bestimmung und Verbreitung*. (Vol. 27). (S. E. Gesellschaft, Ed.) Fauna Helvetica.
- Lubini-Ferlin, V. (2011). *Wasserinsekten* (Vol. Nr. 63). Schaffhausen: Neujahrsblatt der Naturofroschenden Gesellschaft Schaffhausen.
- Munz et al. (2012). Pestizidmessungen in Fliessgewässern. *Aqua und Gas* (11), pp. 32-41.
- Perret, P. (1977). *Zustand der Schweizerischen Fliessgewässer in den Jahren 1974/1975 (Projekt MAPOS)*. (E. A. EAWAG, Ed.) Bern.
- Pro Natura Baselland. (2009). Die vergessenen Gewässer: Bedeutung und Potenzial der Kleingewässer. In *So befreien wir die kleinen Gewässer - Ein Leitfaden zur Ausdolung und Revitalisierung von Kleingewässern in der Gemeinde*. Liestal.
- Schaffner, Pfaundler, & Göggel. (2013). *Fliessgewässertypisierung der Schweiz. eine Grundlage für Gewässerbeurteilung und -entwicklung*. (U. f. Bundesamt, Ed.) Bern: Umwelt-Wissen Nr.1329.
- Strahm, I. (2013). Landnutzung entlang des Gewässernetzes. Quellen für Mikroverunreinigungen. *Aqua & Gas* (Nr. 5).
- Stucki, P. (2010). *Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Makrozoobenthos Stufe F. Umwelt-Vollzug Nr. 1026* (Vol. 1026). Bern: Bundesamt für Umwelt.
- Studemann et al. (1992). *Ephemeroptera* (Vol. 9). (S. E. Gessellschaft, Ed.) Fribourg: Imprimerie Mauron + Tinguely & Lachat SA.
- Vereinigung Deutscher Gewässerschutz e.V. (2008). *Ökologische Bewertung von Fliessgewässern* (Vol. 64). Bonn: Schriftenreihe der Vereinigung Deutscher Gewässerschutz.

9. DANK

Das Projekt wurde durch das Bundesamt für Umwelt (BAFU) finanziert. Ein bester Dank geht an Christian Leu (BAFU) und Stephan Müller (BAFU) für die organisatorische Unterstützung sowie an Pascal Stucki (Aquabug) für die fachliche Unterstützung während des Projektverlaufs.

Für die Bereitstellung und Aufarbeitung der Daten bedanke ich mich herzlich bei den kantonalen Gewässerschutzfachstellen der Kantone Aargau, Appenzell Ausserrhoden, Bern, Freiburg, Genf, Jura, Luzern, Obwalden, Nidwalden, St.Gallen, Schaffhausen, Schwyz, Solothurn, Thurgau, Uri, Waadt, Wallis, Zürich und Zug. Für die wertvollen Daten des Biodiversitätsmonitorings Schweiz (BDM CH) möchte ich mich ebenfalls herzlich bei der Koordinationsstelle BDM CH und beim BAFU (Abteilung Arten, Ökosysteme, Landschaften) bedanken.

Ein grosses Dankeschön richtet sich an Christof Angst vom Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna (CSCF) für die Mithilfe beim Datenmanagement sowie an Ivo Strahm (BLW) für die Landnutzungsanalyse sowie an Samuel Suter (AREG St.Gallen) und Irene Wittmer (Eawag) für die GIS-Unterstützung.

Ebenfalls möchte ich mich bei Oliver Kaske und Matthias Liess vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) in Leipzig für die immer freundlichen Ratschläge in Sachen SPEAR bedanken.

Für die hilfreichen Kommentare und Verbesserungen des Manuskripts bedanke ich mich herzlich bei I. Wittmer (BAFU), M. Kunz (BAFU), Y. Schindler (BAFU), M. Schaffner (BAFU) und C. Caprez (AFU SG).