

BIOLOGISCHER ZUSTAND KLEINER FLIESSGEWÄSSER

MAKROZOOBENTHOS-UNTERSUCHUNGEN: SCHWEIZWEITE AUSWERTUNG

Obwohl kleine Fließgewässer den Grossteil des Schweizer Gewässernetzes ausmachen, ist über deren biologischen Zustand wenig bekannt. Hier werden nun erstmals die von den kantonalen Gewässerschutzfachstellen und des Biodiversitätsmonitorings Schweiz aus den Jahren 2005 bis 2013 zur Verfügung gestellten Makrozoobenthos-Untersuchungen auf nationaler Ebene betrachtet. 350 der 709 Untersuchungen erfüllen die ökologischen Ziele nicht, wobei die grössten Defizite in tiefen Lagen beobachtet wurden.

Vera Leib*, Amt für Umwelt und Energie des Kantons St. Gallen

RÉSUMÉ

LA MACROFAUNE BENTHIQUE DANS LES PETITS COURS D'EAU ÉVALUATION POUR LA SUISSE

Les petits cours d'eau constituent une grande partie du réseau hydrographique suisse et remplissent d'importantes fonctions biologiques. Leur état est cependant peu connu. Cet article propose un aperçu actuel de la qualité biologique des petits cours d'eau, évaluée en fonction de la macrofaune benthique. Les données des services cantonaux de la protection des eaux et du monitoring de la biodiversité en Suisse (MBD CH), recueillies entre 2005 et 2013, en fournissent la base. Les petits cours d'eau désignent les cours d'eau avec un numéro d'ordre hydrographique 1 et 2 selon Strahler. Près de la moitié des 709 échantillons prélevés sur 406 sites d'études ne remplissent pas les objectifs écologiques. On constate les déficits les plus importants à basse altitude, entre 301 et 400 m au-dessus du niveau de la mer, où 70 pour cent des biocénoses des invertébrés aquatiques laissent supposer des conditions écologiques insuffisantes. En particulier, l'indiceSPEAR_{pesticide} montre clairement le déficit à basse altitude. Les études cantonales contiennent davantage de sites pollués avec 59 pour cent, ceci en raison de la sélection des points de prélèvement qui se trouvent le plus souvent dans des zones d'exploitation intensive où la pollution de l'eau avait déjà été en partie constatée. Dans les études du MBD CH, qui donnent un aperçu représentatif pour toute la Suisse, l'objectif correspondant

EINLEITUNG

Mithilfe von biologisch-ökologischen Untersuchungen lässt sich der Gesamtzustand eines Gewässers beurteilen. Hierzu eignen sich besonders die wenig mobilen, aber zum Teil sehr empfindlichen wirbellosen Wassertiere der Gewässersohle (Makrozoobenthos). Diese spiegeln die Gesamtheit aller auf sie einwirkenden Umweltfaktoren wider. Zum Makrozoobenthos (MZB) 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 Häufigkeit. Manche Arten reagieren sehr sensibel gegenüber Störungen, andere hingegen weisen eine bestimmte Toleranz gegenüber Veränderungen ihrer Umwelt auf. Sich negativ auswirkende Einflüsse können etwa in einer Verschlechterung der Wasserqualität liegen, z. B. durch Pestizideinträge [1], aber auch in einer beeinträchtigten Gewässerstruktur, Wassertemperatur oder in einer unnatürlichen Wasserführung [2]. Über die Diversität und Häufigkeitsverteilung des Makrozoobenthos lassen sich somit gute und umfassende Aussagen über die Wasser- und Gewässerqualität treffen [3].

* Kontakt: vera.leib@sg.ch

In *Figur 1* ist die Aussagekraft des MZB zur Beurteilung der Aspekte Gewässerraum, Wasserführung und Wasserqualität wiedergegeben. Neben einer 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 drei Jahre [2], wodurch über mehrere Jahre hinweg die Lebensbedingungen und damit auch die Wasserqualität rückwirkend beurteilt werden können [3]. Da das MZB alle Fliessgewässertypen besiedelt, kann anhand ihrer Lebensgemeinschaft der Zustand grosser wie auch kleiner Fliessgewässer beurteilt werden. Obwohl kleine Fliessgewässer den Grossteil des Schweizer Gewässernetzes ausmachen, wurde bei den Gewässeruntersuchungen in der Schweiz der Fokus bis anhin meist auf grössere Gewässer gelegt. Zur Unterscheidung der verschiedenen Gewässergrössen werden die Flussordnungszahlen (FLOZ) nach Strahler herangezogen [5] und Gewässer mit einer FLOZ 1 und 2 als kleine Fliessgewässer definiert. Diese machen rund 75 Prozent der Fliessstrecke des Schweizer Gewässernetzes aus (*Fig. 2*).

Diese kleinen Bäche spielen nicht nur streckenmässig eine grosse Rolle, sondern erfüllen auch grundlegende ökologische Funktionen. So sind sie Hauptlebensraum für eine einzigartige Fauna, wie etwa beim MZB für die Larven der Gattung *Plectrocnemia* [2]. Vielen Fischen dienen die kleinen Bäche als Laich- und Aufwuchsgewässer oder als Refugialraum, wo sie sich bei ungünstigen Bedingungen wie bei Hochwasser oder Gewässerverschmutzungen zurückziehen können. So ermöglichen kleine Bäche eine rasche Wiederbesiedlung der Hauptgewässer durch Gewässertiere nach grösseren Störungen. Eine schweizweite Auswertung von Pestizidmessungen in Fliessgewässern zeigte, dass gerade in den kleinen Fliessgewässern die höchsten Pestizidbelastungen zu beobachten sind. Es treten hier Konzentrationsspitzen auf, die um ein Vielfaches höher sind als in grösseren Fliessgewässern [5]. Über den biologischen Zustand dieser kleinen Fliessgewässer weiss man allerdings wenig. Eine Übersicht über die gesamte Schweiz ist bisher nicht verfügbar.

Ziel dieser Arbeit ist, einen Überblick über den biologischen Zustand kleiner Fliessgewässer anhand des MZB zu erarbeiten.

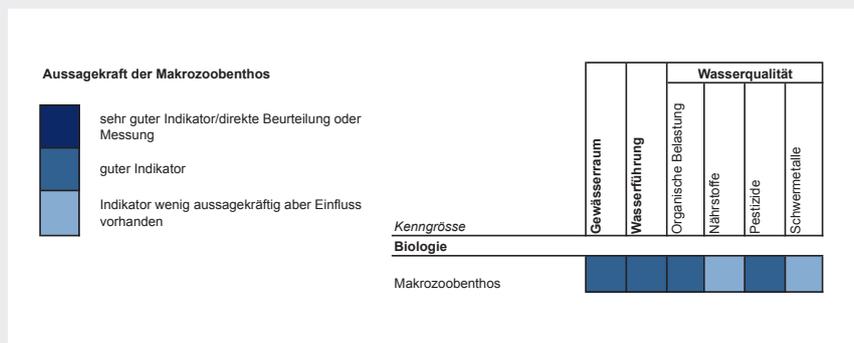


Fig. 1 Aussagekraft des Makrozoobenthos zur Beurteilung der Aspekte Gewässerraum, Wasserführung und Wasserqualität (Grafik in Anlehnung an Känel et al. 2010 [4])

Pertinence de la macrofaune benthique pour l'évaluation des cours d'eau, du débit d'eau et de la qualité de l'eau (graphique basé sur Känel et al. 2010 [4])

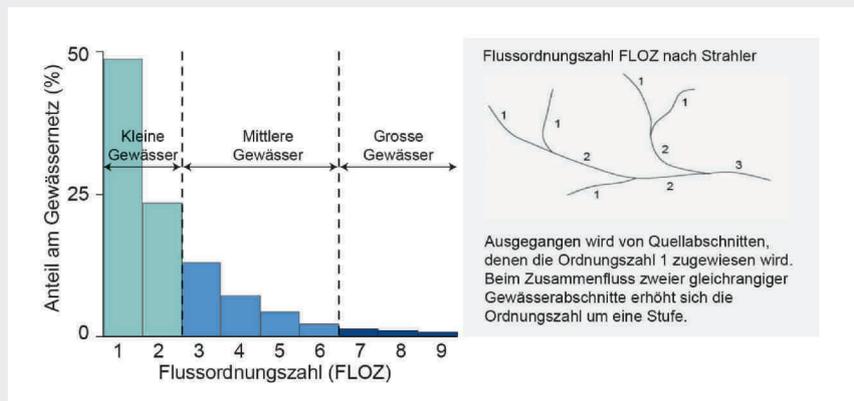


Fig. 2 Anteil der Fliessstrecke pro Flussordnungszahl (FLOZ) in Prozent des gesamten Gewässernetzes der Schweiz. Fliessstrecken mit der FLOZ 1 und 2 werden als «klein» bezeichnet [5]

Proportion de tronçons par numéro d'ordre des cours d'eau (NOCE) dans l'ensemble du réseau hydrographique suisse. Les tronçons avec les NOCE 1 et 2 sont qualifiés ici de «petits» [5]

Dazu wurden alle in der Schweiz verfügbaren MZB-Daten aus den Jahren 2005 bis 2013 zusammengetragen und ausgewertet. Die schweizweite Übersicht soll zeigen, inwieweit sich verschiedene Stressoren, wie etwa Pestizideinträge, nachteilig auf den Bioindikator MZB ausgewirkt haben. Mithilfe einer Landnutzungsanalyse [6] können hier auch erstmals Aussagen über den Zusammenhang zwischen der Landnutzung im Einzugsgebiet und dem Gewässerzustand der kleinen Bäche getroffen werden. Andere wichtige Einflussfaktoren auf den Gewässerzustand wie etwa die Ökomorphologie, die Wasserführung oder die Wassertemperatur werden hier allerdings nicht weiter betrachtet.

METHODE

DATENSATZ

Der vorliegende Datensatz der MZB-Untersuchungen aus den Jahren 2005 bis 2013 an Fliessgewässern mit der FLOZ 1 und 2 wurde von verschiedenen Stellen zur Verfügung gestellt: Einerseits waren

dies die kantonalen Gewässerschutzfachstellen, andererseits das Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM CH).

Kantonale Gewässerschutzfachstellen

19 kantonale Gewässerschutzfachstellen untersuchten das MZB an ausgewählten kleinen Fliessgewässern. Die vorhandenen Untersuchungen weisen bezüglich der Erhebungs- bzw. Auswertungsmethoden eine grosse Heterogenität auf. Auch variieren die den Untersuchungen zugrunde liegenden Zielsetzungen stark. So gaben zum Beispiel sieben Kantone an, Untersuchungen (auch) aufgrund von bereits bekannten Defiziten durchzuführen. Vor dem Jahr 2010 wurden in der Schweiz verschiedene Untersuchungsmethoden und Indices für das MZB angewandt; am häufigsten wurde neben dem Makroindex und dem Saprobienindex der *Indice biologique global normalisé* (IBGN) bestimmt. 2010 veröffentlichte das BAFU im Rahmen des Modul-Stufen-Konzepts (MSK) eine an Schweizer Fliessgewässer angepasste Methode des IBGN zur Unter-

suchung und Beurteilung der Fliessgewässer anhand des MZB [7]: den *Index biologique CH* (IBCH). Zwei Drittel der Kantone untersuchen ihre kleinen Fliessgewässer seither anhand dieser Methode.

Biodiversitätsmonitoring Schweiz

Neben den Untersuchungen der kantonalen Gewässerschutzfachstellen liegen Daten des BDM CH vor. Dieses startete 2010 mit der systematischen Erfassung der wirbellosen Wassertiere. Da Kleinstgewässer mit der FLOZ 1 oft temporär und methodisch teilweise schwierig zu beproben sind, wurden diese vom Messnetz des BDM CH ausgeschlossen. Dies kann einerseits zu einem Ausschluss einer speziellen Fauna führen, andererseits erhöht aber der Ausschluss der FLOZ-1-Gewässer die Reproduzierbarkeit der Messungen.

Das Messnetz des BDM CH für das MZB umfasst insgesamt etwa 570 Probestrecken. Davon sind zirka 250 Fliessstrecken mit der FLOZ 2, die in einem Rhythmus von fünf Jahren beprobt werden. Die zur Verfügung gestellten Untersuchungen aus den Jahren 2010 bis 2013 umfassen 191 Fliessstrecken mit der FLOZ 2.

Die Aufnahmen erfolgen nach dem Modul-Stufen-Konzept MZB [7]; zusätzlich werden die Wasserinsektenordnungen *Ephemeroptera*, *Plecoptera* und *Trichoptera* (EPT) bis auf Artniveau bestimmt. 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 biolo-

gischen Zustandes der kleinen Fliessgewässer.

PROBENNAHME

Insgesamt enthält der Datensatz 709 Proben von 406 Untersuchungsstellen. 518 Proben von 215 Stellen stammen von den kantonalen Gewässerschutzfachstellen. 191 Untersuchungen von ebenso vielen Stellen stellte das BDM CH zur Verfügung (Fig. 3).

Pro Jahr wurden mindestens 57 Stellen (Jahr 2013) und maximal 101 Stellen (Jahr 2010) untersucht. Der Anstieg der Pro-

bennahmen im Frühling 2010 ist auf den Start des BDM CH zurückzuführen. Die Anzahl der Untersuchungen pro Jahr variierte zwischen eins und vier. In seltenen Fällen wurden Untersuchungsstellen im Zeitraum von 2005 bis 2013 bis zu zehn Mal beprobt. Die Untersuchungen des BDM CH fanden einmalig statt; die kantonalen Stellen wurden in diesem Untersuchungszeitraum im Schnitt 2,4 Mal untersucht. Die meisten Probenahmen fanden im Frühling statt, gefolgt vom Spätherbst (Fig. 4). 236 Proben an 230 Stellen wurden nach dem Modul-Stufen-Konzept

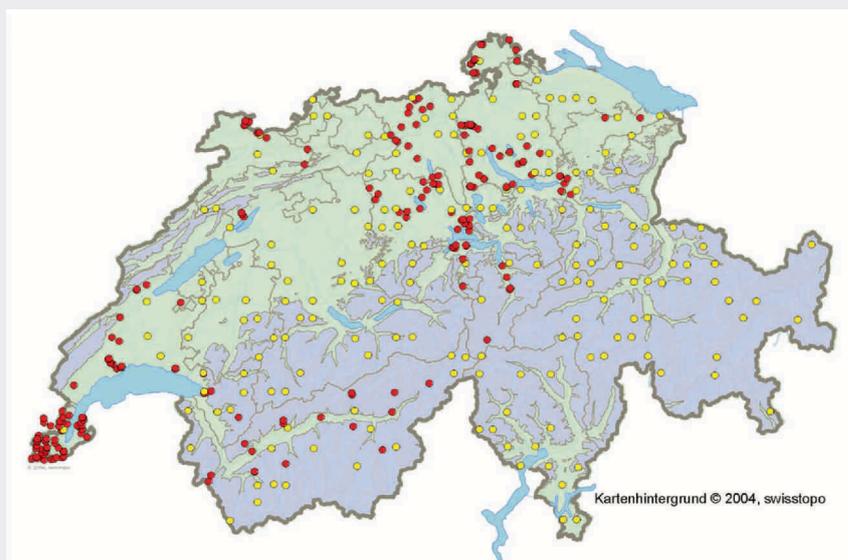


Fig. 3 Alle untersuchten Fliessgewässer-Standorte ($n=406$) im Zeitraum von 2005 bis 2013, aufgeschlüsselt nach dem Ursprung der Daten (gelbe Punkte: BDM CH, rote Punkte: kantonale Gewässerschutzfachstellen)

Ensemble des sites de cours d'eau ($n=406$) durant la période entre 2005 et 2013, classés selon l'origine des données (points jaunes: MBD CH, points rouges: services cantonaux de la protection des eaux)

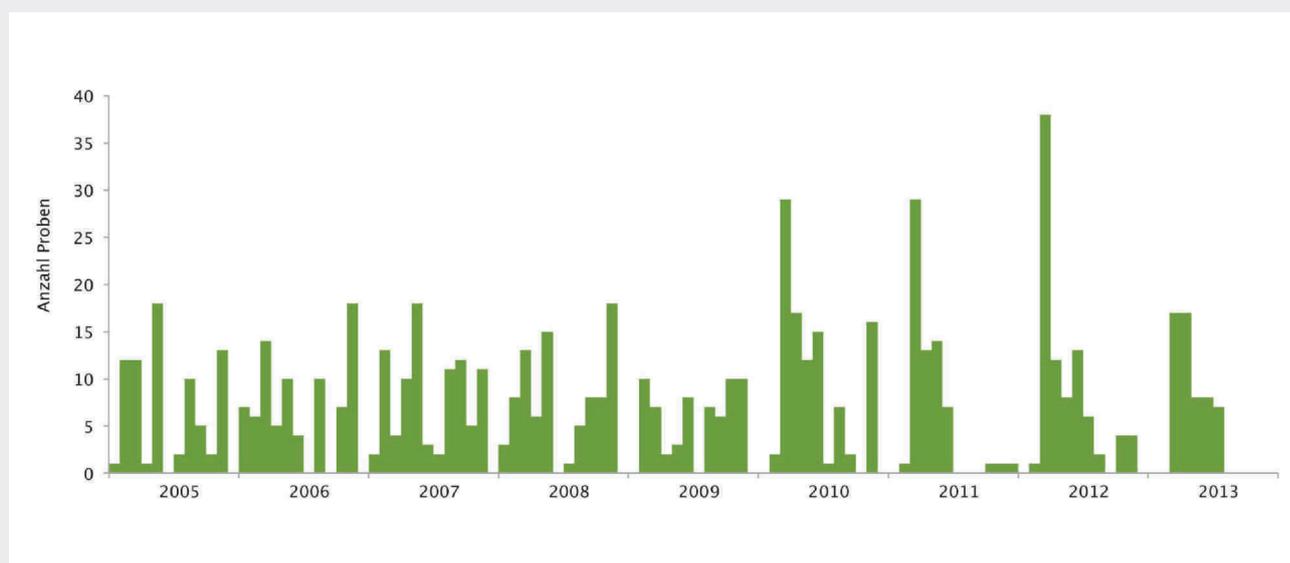


Fig. 4 Anzahl der Makrozoobenthos-Proben pro Monat im Zeitraum 2005 bis 2013

Nombre des échantillons de macrofaune benthique par mois dans la période entre 2005 et 2013

MZB [7] beurteilt (davon 191 Stellen und Proben vom BDM CH). Nach dem Entwurf des Moduls MZB 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, wobei sich hier die Durchführung der Probennahme ebenfalls nach dem Entwurf des Moduls MZB von 2005 richtete. Bei acht weiteren Stellen bzw. Proben erfolgte die Bewertung anhand des Saprobienindex. Die Anteile der unterschiedlichen Indices sind in *Figur 5* zu sehen. Während die Beurteilung mittels IBCH gleichmässig über alle Kantone verteilt angewendet wurde (vor allem aufgrund des BDM CH), zeigen sich bei den IBGN-Stellen deutliche Hotspots in den Kantonen Genf, Zürich und Waadt sowie eine Häufung der Bewertungen

mittels Makroindex in den Urkantonen. Auch die Anzahl der untersuchten Stellen und Proben variiert stark von Kanton zu Kanton. Aus zwei Kantonen 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. Die Verteilung der Stellen und Proben über die gesamte Schweiz ist somit nicht homogen. Es konnte über alle Untersuchungen hinweg eine gemeinsame Aussage bezüglich des Gewässerzustandes getroffen werden, obwohl die Erhebungs- und Auswertungsmethoden bei den zur Verfügung gestellten Untersuchungen stark variierten.

Alle vorliegenden Untersuchungen wurden unabhängig von der Erhebungsmethode und Auswertungsmethode einerseits hinsichtlich der Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK und andererseits mittels $SPEAR_{pesticide}$ -Index hinsichtlich einer Belastung durch Pestizide beurteilt. So liegt für jede zur Verfügung gestellte Probe zum einen eine Beurteilung bezüglich Erfüllung der ökologischen Ziele vor; in *Tabelle 1* sind die vorliegenden Indices in Bezug zu den ökologischen Zielen dargestellt. Zum anderen wurde im Rahmen dieser Datenauswertung unabhängig von Probennahmezeitpunkt sowie der Art der Probennahme für alle Proben der $SPEAR_{pesticide}$ -Index berechnet. Mit diesem Index kann die insektizide Wirkung von Pestiziden auf die Gewässerinvertebraten beurteilt werden. Da der Grossteil

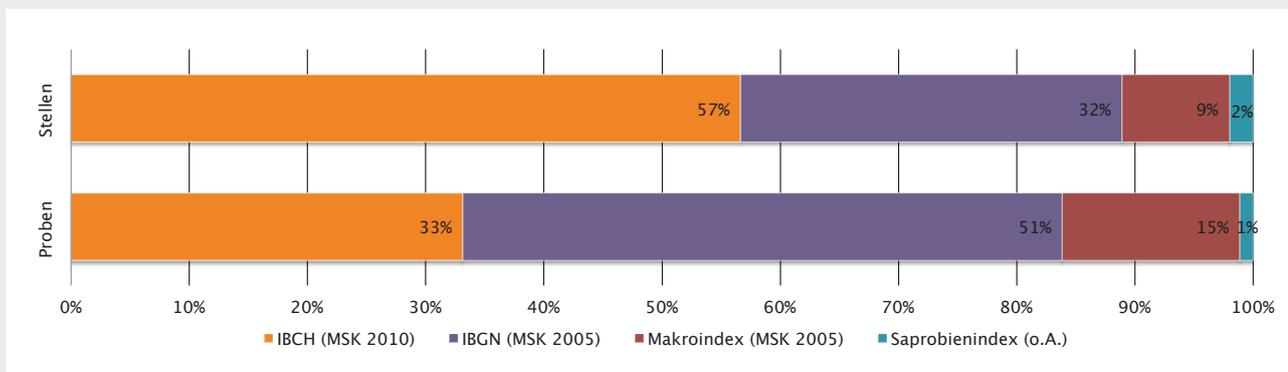


Fig. 5 Prozentuale Verteilung der verschiedenen angewandten Indices (Auswertungsmethoden) der Makrozoobenthos-Proben von kleinen Fliessgewässern im Zeitraum von 2005 bis 2013

Répartition en pourcentage des différents indices utilisés (méthodes d'évaluation) pour les échantillons de macrofaune benthique des petits cours d'eau dans la période entre 2005 et 2013

	IBCH / IBGN	Makroindex	Saprobienindex*	$SPEAR_{pesticide}$ -Index	
Ökologische 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)	2: gut ($SPEAR 33-44\%$)	
			II: mässig belastet (SI 1,8 – <2,3)		
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 ($SPEAR 22-33\%$)	Nichtzielerfüllung SPEAR
	4: unbefriedigend (IBCH/IBGN 5 bis 8)	4: unbefriedigend (Makroindex 5 und 6)	III: stark verschmutzt (SI 2,7 – 3,2)	4: unbefriedigend ($SPEAR 11-22\%$)	
			III-IV: sehr stark verschmutzt (SI 3,2 – <3,5)		
			IV: übermässig verschmutzt (SI 3,5 – <4,0)	5: schlecht ($SPEAR 0-11\%$)	

Tab. 1 Ökologischer Zustand der Fliessgewässer beurteilt nach IBCH, IBGN, Makroindex, Saprobienindex und $SPEAR_{pesticide}$ -Index. Oberhalb der gestrichelten Linie erreichen die Fliessgewässer nach MSK die ökologischen Ziele, unterhalb der gestrichelten Linie sind die ökologischen Ziele nach MSK nicht erreicht. Beim $SPEAR_{pesticide}$ -Index werden Werte oberhalb der gestrichelten Linie der Zielerfüllung und Werte unterhalb der Nichtzielerfüllung 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

Santé écologique des cours d'eau évaluée selon IBCH, IBGN, le Macroindex, l'indice de Saprobie et l'indice $SPEAR_{pesticide}$. Au-dessus de la ligne en pointillés, les cours d'eau respectent les objectifs écologiques selon MSK, en dessous de la ligne en pointillés, ces objectifs ne sont pas respectés. Pour l'indice $SPEAR_{pesticide}$ les valeurs au-dessus de la ligne en pointillés indiquent que les objectifs sont respectés et les valeurs en dessous de la ligne qu'ils ne le sont pas. * L'indice de saprobie, à l'inverse des autres indices, n'indique pas les deux classes les plus élevées mais les trois classes les plus élevées, selon la répartition courante du respect des objectifs écologiques

der Daten auf Familienniveau vorliegt, wurde zwecks besserer Vergleichbarkeit der $SPEAR_{pesticide}$ -Index auf diesem Bestimmungsniveau berechnet, wobei aber beachtet werden muss, dass bei der Bestimmung des $SPEAR_{pesticide}$ -Index auf Familienniveau die Gewässerqualität gegenüber einer Index-Berechnung auf Artniveau eher überschätzt wird [8]. Die Lebensgemeinschaften des MZB werden hier unterschieden zwischen «Zielerfüllung SPEAR» und «Nichtzielerfüllung SPEAR» (Tab. 1).

Da stoffliche Einträge aus dem Einzugsgebiet neben anderen Faktoren massgeblich den Gewässerzustand beeinflussen, wurde eine Landnutzungsanalyse im Einzugsgebiet der kleinen Fliessgewässer durchgeführt und in Zusammenhang mit dem Gewässerzustand gestellt. Bei der hier vorliegenden Landnutzungsanalyse wurden keine Punktquellen (ARA) betrachtet. Im Fokus standen die diffusen Quellen von Mikroverunreinigungen. Für detaillierte Informationen zur Landnutzungsanalyse wird auf die Arbeit von Strahm (2013) [6] verwiesen. 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.

ZUSTAND DER KLEINEN FLIESSGEWÄSSER

BEWERTUNG GEMÄSS ERFÜLLUNG DER ÖKOLOGISCHEN ZIELE

Von den 709 Proben deuten die Resultate bei knapp der Hälfte der Proben (49 Prozent) darauf hin, dass die Ziele und Anforderungen an die ökologischen Ziele gemäss MSK nicht eingehalten werden (Tab. 2). Gut die Hälfte der Proben ($n=205$) wurde zumindest einmal als ökologisch unzureichend beurteilt. Die räumliche Verteilung über die gesamte Schweiz ist in Figur 6 dargestellt.

In Figur 7 ist die Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK für den IBCH, IBGN und SPEAR_{pesticide}-Index pro Höhenstufe dargestellt.

Über alle Untersuchungen hinweg verfehlen 58 Prozent der Proben zwischen 0 und 600 m ü.M. in der Hügelstufe die ökologischen Ziele nach MSK (Tab. 2).

Die grössten Defizite liegen zwischen 301 und 400 m ü.M., wo über 70 Prozent der Lebensgemeinschaften der Wasserwirbellosen auf ungenügende ökologische Verhältnisse schliessen lassen.

Bei den Untersuchungen des BDM CH entspricht die biologisch indizierte Ge-

wässerqualität ausserhalb des Schweizer Mittellandes mehrheitlich den ökologischen Zielsetzungen. In der Bergstufe (601–1200 m ü.M.) erfüllen 79 Prozent der Proben die ökologischen Ziele nach MSK, in der Alpenstufe (1201–2600 m ü.M.) 63 Prozent der Proben (Tab. 2). Dass in



Fig. 6 Alle untersuchten Fliessgewässer-Standorte ($n=406$) im Zeitraum von 2005 bis 2013, die zumindest einmal die ökologischen Ziele nach MSK nicht erfüllten (rote Punkte) bzw. für die stets die ökologischen Ziele erreicht wurden (blaue Punkte)

Ensemble des sites de cours d'eau ($n=406$) durant la période entre 2005 et 2013 qui n'ont pas respecté au moins une fois les objectifs écologiques selon MSK (points rouges) ou pour lesquels les objectifs écologiques ont toujours été respectés (points bleus)

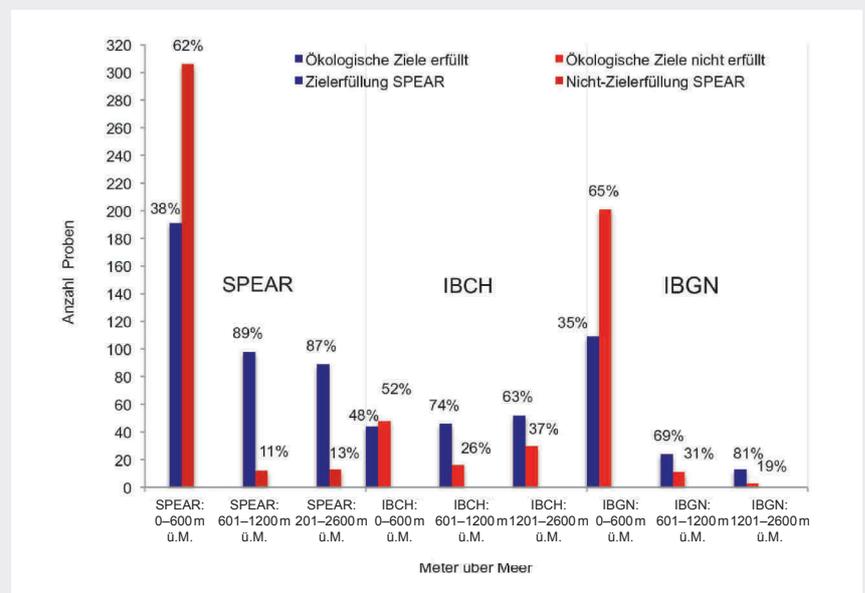


Fig. 7 Anzahl der IBCH- und IBGN-Proben aufgeschlüsselt nach Erfüllung bzw. Nichterfüllung der ökologischen Ziele nach MSK sowie Anzahl der $SPEAR_{pesticide}$ -Index für alle Proben aufgeschlüsselt nach Zielerfüllung SPEAR bzw. Nichtzielerfüllung SPEAR pro Höhenstufe im Zeitraum von 2005 bis 2013

Nombre des échantillons IBCH et IBGN classés en fonction du respect ou non-respect des objectifs écologiques selon MSK et nombre d'indices $SPEAR_{pesticide}$ pour tous les échantillons classés selon le respect ou non-respect des objectifs SPEAR par altitude durant la période entre 2005 et 2013

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 unbe-

einflusste Fließgewässer eine geringere faunistische Diversität aufweisen und sie dadurch eine schlechtere Bewertung durch den IBCH 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 [7]. Daher fallen in der vorliegenden Beurteilung durch den IBCH in der Berg- und der Alpenstufe die Resultate tendenziell pessimistischer aus als erwartet.

Ein ähnliches Bild zeigt sich beim IBGN. Die meisten Fließgewässer mit grossen Defiziten in der biologisch indizierten Gewässerqualität liegen in der Hügellstufe. Knapp 65 Prozent der Fließgewässerproben verfehlen in dieser Höhenstufe die ökologischen Ziele. In höheren Lagen ist die Lebensgemeinschaft der MZB mehrheitlich in einem guten Zustand.

Aufgrund der beschriebenen unterschiedlichen Probenahmestrategien beim BDM CH und bei den kantonalen Gewässerschutzfachstellen lohnt sich ein Vergleich dieser beiden Datensätze (Tab. 2). Bei den Untersuchungen des BDM CH, die unabhängig von der Landnutzung und von allfälligen Belastungssituationen ausgewählt wurden, erfüllen rund zwei Drittel aller Proben die ökologischen Ziele nach MSK. Bei den Proben der kantonalen Gewässerschutzfachstellen erreichen

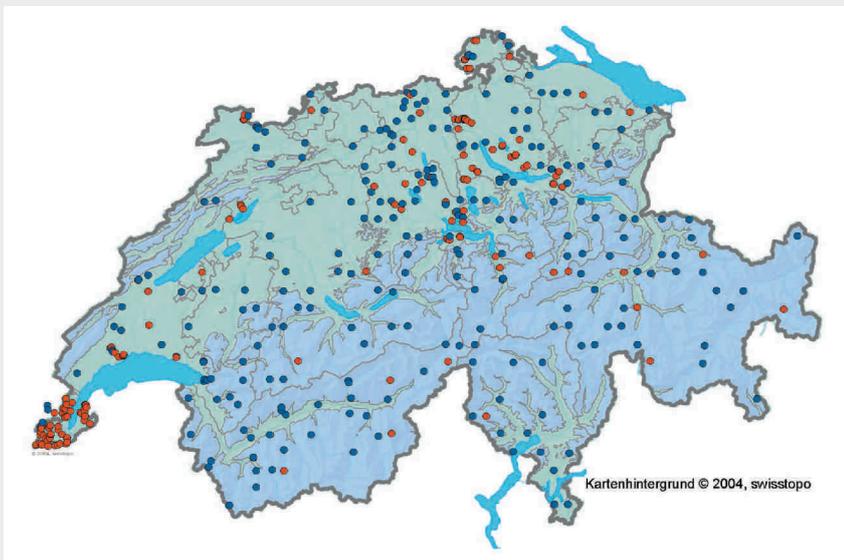


Fig. 8 Alle untersuchten Fließgewässer-Standorte (n = 406) im Zeitraum von 2005 bis 2013, die zumindest einmal die Zielerfüllung beim SPEAR_{pesticide}-Index nicht erreichten (rote Punkte) bzw. die die Zielerfüllung beim SPEAR_{pesticide}-Index immer erreichten (blaue Punkte)
 Ensemble des sites de cours d'eau (n = 406) entre 2005 et 2013 qui n'ont pas respecté au moins une fois les objectifs écologiques selon l'indice SPEAR_{pesticide} (points rouges) ou pour lesquels les objectifs écologiques selon l'indice SPEAR_{pesticide} ont toujours été respectés (points bleus)

Gewässerzustand			Ökologische Ziele erfüllt	Ökologische Ziele nicht erfüllt	Zielerfüllung SPEAR	Nichtzielerfüllung SPEAR
Gesamter Datensatz (alle Indices)	gesamt	(n=709)	51%	49%	53%	47%
	0-600 m ü. M.	(n=497)	42%	58%	38%	62%
	601-1200 m ü. M.	(n=110)	73%	27%	89%	11%
	1201-2600 m ü. M.	(n=102)	68%	32%	87%	13%
BDM CH (IBCH)	gesamt	(n=191)	66%	34%	86%	14%
	0-600 m ü. M.	(n=52)	58%	42%	77%	23%
	601-1200 m ü. M.	(n=57)	79%	21%	95%	5%
	1201-2600 m ü. M.	(n=82)	63%	37%	87%	13%
Kantonale Gewässerschutzfachstellen (alle Indices)	gesamt	(n=518)	45%	55%	41%	59%
	0-600 m ü. M.	(n=445)	40%	60%	34%	66%
	601-1200 m ü. M.	(n=53)	66%	34%	83%	17%
	1201-2600 m ü. M.	(n=20)	85%	15%	90%	10%
Kantonale Gewässerschutzfachstellen (IBCH)	gesamt	(n=45)	33%	67%	47%	53%
	0-600 m ü. M.	(n=40)	35%	65%	45%	55%
	601-1200 m ü. M.	(n=5)	20%	80%	60%	40%
	1201-2600 m ü. M.	(n=0)	/	/	/	/

Tab. 2 Übersicht über den Datensatz in Bezug zur Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK und zur Zielerfüllung SPEAR. Dargestellt wird einerseits der gesamte Datensatz (mit allen verschiedenen Erhebungs- und Auswertungsmethoden) und andererseits wird er unterteilt dargestellt nach den unterschiedlichen Datenquellen: Datensatz des BDM CH (beurteilt anhand des IBCH) sowie der Datensatz der kantonalen Gewässerschutzfachstellen (mit allen unterschiedlichen Erhebungs- und Auswertungsmethoden sowie zur besseren Vergleichbarkeit jene Untersuchungen der kantonalen Gewässerschutzfachstellen, deren Beurteilung anhand des IBCH erfolgte)

Aperçu des données relatives au respect des objectifs écologiques selon MSK et SPEAR. D'une part, l'ensemble des données est représenté (avec toutes les différentes méthodes d'évaluation et de collecte), d'autre part, elles sont subdivisées en fonction des différentes sources: les données du MBD CH (classées selon l'IBCH) et les données des services cantonaux de la protection des eaux (avec toutes les différentes méthodes d'évaluation et de collecte ainsi que, pour assurer une meilleure comparabilité, les études des services cantonaux de la protection des eaux dont l'évaluation a été effectuée selon l'IBCH)

hingegen bei den Untersuchungen nach Modul-Stufen-Konzept Makrozoobenthos (IBCH) [7] nur ein Drittel der Untersuchungsstellen die gesetzten ökologischen Ziele. Die Anzahl der Proben ist hier allerdings gering. Über alle Untersuchungen der kantonalen Gewässerschutzfachstellen mit den verschiedenen Erhebungs- und Auswertungsmethoden werden die ökologischen Ziele bei 45 Prozent der Proben erfüllt. Die Stellen mit gewässerökologischen Defiziten befinden sich meist im intensiv genutzten Mittelland und wurden zum Teil aufgrund eines Verdachts auf Gewässerverschmutzung ausgewählt. Aber auch bei den Untersuchungen des BDM CH erfüllen in tiefen Lagen tendenziell weniger Proben die ökologischen Ziele nach MSK. So verfehlen in der Hügellstufe 42 Prozent der BDM CH-Proben die ökologischen Ziele, in der Bergstufe 21 Prozent und in der Alpenstufe 37 Prozent der Proben.

Beim $SPEAR_{pesticide}$ -Index weisen insgesamt 47 Prozent der Makrozoobenthosproben keine Zielerfüllung auf, was auf eine Belastung durch Pestizide hindeuten könnte. Aufgrund der Stellenauswahl zeigen die kantonalen Daten mit 59 Prozent noch mehr Belastungen an. Bei den Untersuchungen des BDM CH weisen mehr Proben eine Zielerfüllung beim $SPEAR_{pesticide}$ -Index auf (86 Prozent), allerdings war hier die Anzahl der Proben auch geringer. Noch deutlicher als die anderen besprochenen Indices weist der $SPEAR_{pesticide}$ -Index auf die stärksten Belastungen in der Hügellstufe hin. Erfüllen hier knapp 40 Prozent die Anforderungen, erreichen in der Berg- und Alpenstufe jeweils beinahe 90 Prozent der Untersuchungen die Zielsetzung (Tab. 2). Die besseren Ergebnisse des $SPEAR_{pesticide}$ -Index im Vergleich zu den anderen Indices (IBCH und IBGN) in höheren Lagen ist vor allem auf die geringere Gewichtung der Artenzahl des MZB bei diesem Index im Vergleich zum IBCH zurückzuführen. Beim $SPEAR_{pesticide}$ -Index ist die Biodiversität keine wesentliche Grundlage; 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 $SPEAR_{pesticide}$ -Index aus. Von den 409 Untersuchungsstellen erfüllen 154 (38%) zumindest einmal nicht die Ziele nach dem $SPEAR_{pesticide}$ -Index (Fig. 8). Unabhängig von der Erhebungs- und Auswer-

tungsmethode und unabhängig vom Datensatz sind somit vor allem bei Proben in tiefen Lagen die ökologischen Ziele nach MSK und die Ziele nach dem $SPEAR_{pesticide}$ -Index nicht erfüllt.

LANDNUTZUNG

ZUSAMMENHANG ERFÜLLUNG DER ÖKOLOGISCHEN ZIELE UND LANDNUTZUNG

Der Gewässerzustand wird in Bezug auf das Makrozoobenthos neben weiteren

Faktoren massgeblich von den stofflichen Einträgen aus dem Einzugsgebiet beeinflusst. 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 Einzugsgebiet der Gewässer und der Beurteilung des ökologischen Zustandes analysiert werden.

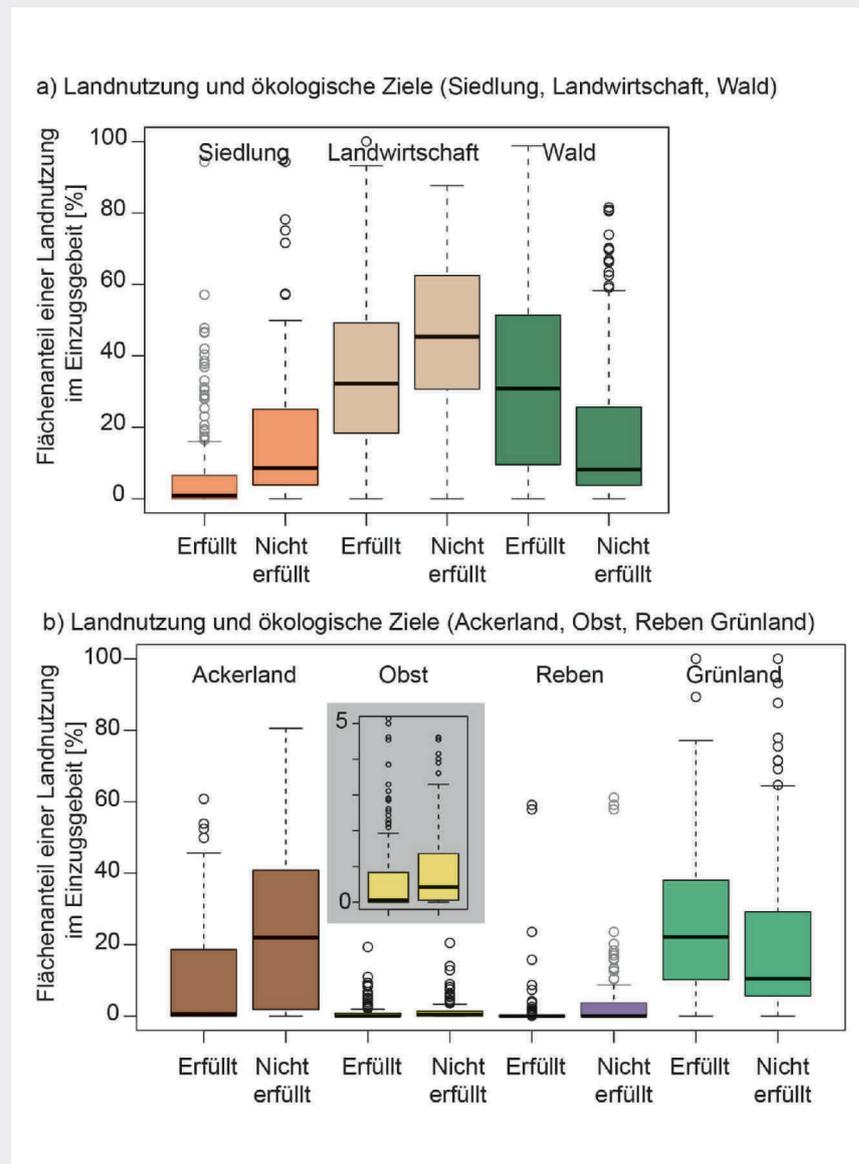


Fig. 9 Vergleich der Flächenanteile der verschiedenen Landnutzungen am Einzugsgebiet und der Erfüllung der ökologischen Ziele gemäss Modul-Stufen-Konzept: a) Erfüllung der ökologischen Ziele gemäss MSK für die Flächenanteile Siedlung, Landwirtschaft und Wald am Einzugsgebiet und b) Erfüllung der ökologischen Ziele gemäss MSK für die Flächenanteile Ackerland, Obst, Reben und Grünland am Einzugsgebiet

Comparaison des surfaces des différents types d'exploitation des sols dans le bassin versant et du respect des objectifs écologiques selon le système modulaire gradué: a) Respect des objectifs écologiques selon MSK pour les surfaces d'urbanisation, agriculture et forêt dans le bassin versant et b) Respect des objectifs écologiques selon MSK pour les surfaces de terres arables, fruits, vignes et pâturages dans le bassin versant

Siedlung

In *Figur 9* ist der Flächenanteil mit 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 Untersuchungen die ökologischen Ziele. An Fließgewässern mit mehr als 50 Prozent Siedlungsanteil erfüllen 95 Prozent (n=18) der Proben die ökologischen Ziele nicht. Tendenziell sind bei einem grösseren Flächenanteil Siedlung mehr Stellen in einem schlechten ökologischen Zustand.

Landwirtschaft

Bei einem Flächenanteil von mehr als 50 Prozent landwirtschaftlicher Nutzung am Gesamteinzugsgebiet weisen zwei Drittel der Untersuchungen einen ungenügenden ökologischen Zustand auf (*Fig. 9*). Der Flächenanteil der gesamten landwirtschaftlichen Nutzungen hängt nicht in dem Masse mit der Erfüllung der ökologischen Ziele nach MSK zusammen wie der Flächenanteil Siedlung, da hier sowohl intensive als auch extensive landwirtschaftliche Nutzungen integriert sind.

Aus diesem Grund lohnt sich ein Blick auf die verschiedenen landwirtschaftlichen Nutzungsarten. So erfüllen 85 Prozent der untersuchten Makrozoobenthosproben (n=34) mit einer Nutzungsdichte Reben von mehr als 10 Prozent im Einzugsgebiet die ökologischen Ziele nicht. Bei den Proben der Messstellen mit weniger als 10 Prozent Anteil Rebflächen im Einzugsgebiet erfüllen gute 50 Prozent (n=317) die ökologischen Ziele. Von sieben Proben an Messstellen mit mehr als 10 Prozent Nutzungsdichte Obst am Gesamteinzugsgebiet werden fünf als ökologisch unzureichend beurteilt. Eindrücklich ist, dass bei einer Nutzungsdichte von Ackerland von mehr als 50 Prozent 92 Prozent der Proben (n=35) die ökologischen Ziele nach MSK nicht erreichen. Ist der Flächenanteil jedoch kleiner oder gleich 10 Prozent, weisen 37 Prozent (n=124) der Untersuchungen auf einen schlechten Zustand hin. So wirkt sich ein grösserer Flächenanteil Obst, Ackerland oder Reben im Einzugsgebiet tendenziell schlecht auf den Gewässerzustand aus. Mehr Grünland im Einzugsgebiet führt hingegen tendenziell eher zu einer positiven Gewässerbe-

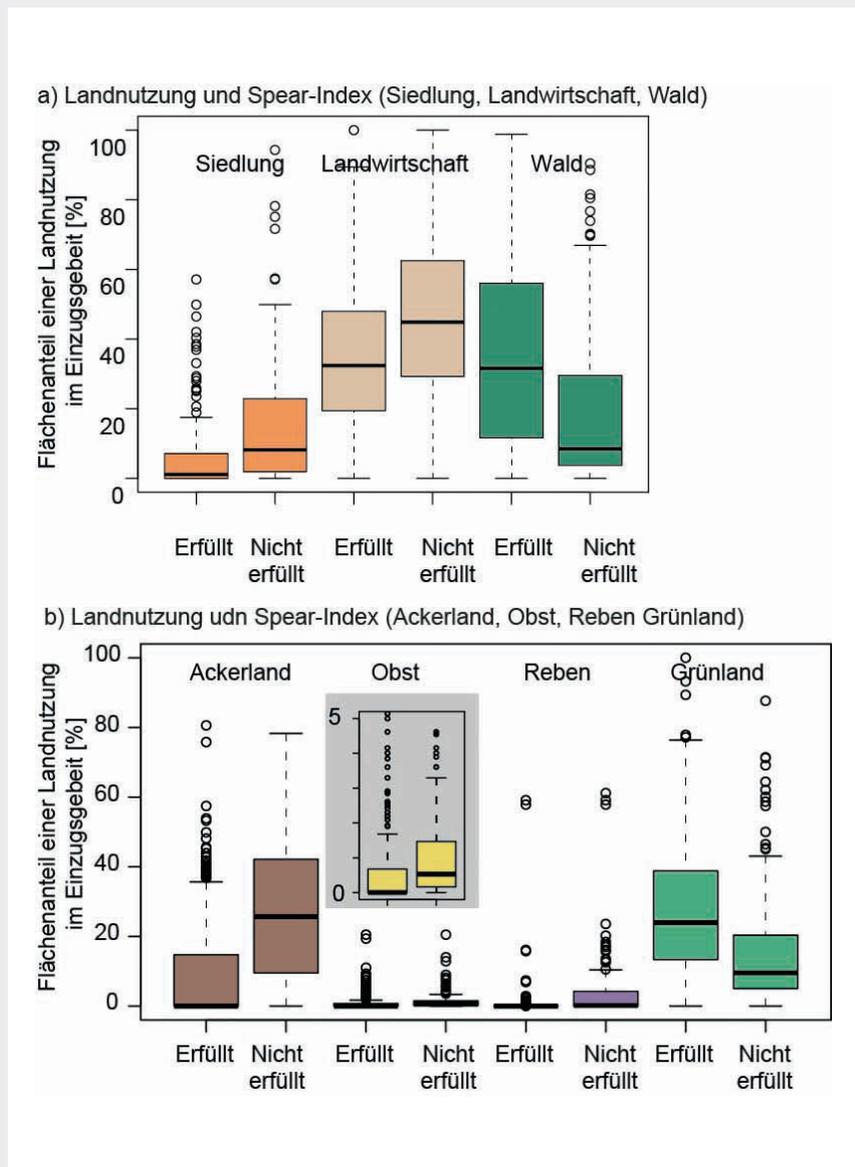


Fig. 10 Vergleich der Flächenanteile der verschiedenen Landnutzungen am Einzugsgebiet und der Zielerfüllung hinsichtlich des SPEAR_{pesticide}-Index: a) Zielerfüllung gemäss SPEAR_{pesticide}-Index für die Flächenanteile Siedlung, Landwirtschaft und Wald am Einzugsgebiet und b) Zielerfüllung gemäss SPEAR_{pesticide}-Index für die Flächenanteile Ackerland, Obst, Reben und Grünland am Einzugsgebiet

Comparison des surfaces des différents types d'exploitation des sols dans le bassin versant et du respect des objectifs écologiques selon l'indice SPEAR_{pesticide}: a) Respect des objectifs écologiques selon l'indice SPEAR_{pesticide} pour les surfaces d'urbanisation, agriculture et forêt dans le bassin versant et b) Respect des objectifs écologiques selon l'indice SPEAR_{pesticide} pour les surfaces de terres arables, fruits, vignes et pâturages dans le bassin versant

urteilung: 60 Prozent der Untersuchungen (n=241) mit einem Flächenanteil von mehr als 10 Prozent Grünland erfüllen die ökologischen Ziele. 67 Prozent der Proben (n=168) mit weniger als 10 Prozent Grünland im Einzugsgebiet erfüllen die gewässerökologischen Zielsetzungen hingegen nicht (*Fig. 9*).

Wald

Der fehlende Eintrag von Pestiziden aus den Einzugsgebieten mit der Nut-

zung Wald wirkt sich tendenziell positiv auf die MZB-Lebensgemeinschaft aus. Sind bei einem Flächenanteil von mehr als 10 Prozent des Gesamteinzugsgebiets 62 Prozent (n=245) der Untersuchungen in einem guten Zustand, erfüllen bei mehr als 50 Prozent Flächenanteil Wald knapp 70 Prozent der Proben (n=93) die ökologischen Ziele nach MSK (*Fig. 9*). Je grösser der Anteil Wald, desto grösser ist auch die Wahrscheinlichkeit, dass die Anforder-

rungen an die Gewässerqualität erfüllt werden.

Die Analyse zeigt, dass die Landnutzung einen grossen Einfluss auf den Grad der Zielerfüllung nach MSK hat. So sinkt mit steigendem Anteil an Siedlungsflächen und landwirtschaftlichen Flächen die Tendenz, dass die Gewässer in einem guten biologischen Zustand sind. Umgekehrt steigt bei zunehmendem Anteil Wald im Einzugsgebiet die Anzahl der Proben, die die ökologischen Anforderungen erfüllen.

Im folgenden Kapitel wird der Zusammenhang zwischen der Landnutzung im Einzugsgebiet der kleinen Fließgewässer sowie deren Beurteilung durch den SPEAR_{pesticide}-Index, der insbesondere die Belastung durch Insektizide anzeigt, diskutiert.

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* (Aqua-bug) 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 auch an *Christof Angst* vom Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna (CSCF) für die Mithilfe beim Datenmanagement, 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*, *M. Kunz*, *M. Schaffner* und *M. Eugster*.

ZUSAMMENHANG BEWERTUNG DURCH SPEAR_{pesticide}-INDEX UND LANDNUTZUNG

Da für alle Proben eine Beurteilung anhand des SPEAR_{pesticide}-Index vorliegt, kann im Folgenden der Datensatz auf den Zusammenhang zwischen den verschiedenen Landnutzungsarten im Einzugsgebiet der Gewässer und der Zielerreichung beim SPEAR_{pesticide}-Index hin analysiert werden.

Siedlung

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. Ist die Siedlungsfläche kleiner oder gleich 10 Prozent des Einzugsgebiets, werden zwei Drittel der Fließgewässerstellen (n=301) anhand des SPEAR_{pesticide}-Index als gut oder sehr gut beurteilt. Je grösser der Anteil der Siedlungsfläche ist, desto grösser ist auch die Tendenz, dass beurteilt anhand des SPEAR_{pesticide}-Index die Zielvorgaben nicht erreicht werden (Fig. 10).

Landwirtschaft

Zwischen der Landnutzungsdichte Landwirtschaft und dem SPEAR_{pesticide}-Index zeigt sich ein schwacher, negativer Zusammenhang. Ist der Anteil an landwirtschaftlich genutzter Fläche grösser als 10 Prozent des Gesamteinzugsgebiets, erreichen 45 Prozent der Untersuchungen (n=265) keinen ausreichend guten Zustand. Wird mehr als die Hälfte des Einzugsgebiets landwirtschaftlich genutzt, ist bei 55 Prozent der Proben (n=112) keine Zielerfüllung hinsichtlich des SPEAR_{pesticide}-Index gegeben (Fig. 10). Die Zusammenhänge zwischen Landnutzung und SPEAR_{pesticide}-Index werden auch hier deutlicher, 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 88 Prozent der Untersuchungen (n=35) nach dem SPEAR_{pesticide}-Index durch Pestizide beeinträchtigt. Ist der Flächenanteil Reben kleiner oder gleich

10 Prozent, weist der Index bei 39 Prozent der Untersuchungen (n=222) auf eine Beeinträchtigung durch Insektizide hin (Fig. 10). Beim Flächenanteil Obst konnten diese Zusammenhänge nicht in gleicher Weise gezeigt werden, da die Anzahl an Untersuchungsstellen mit grösseren Flächen Obstanbau im Einzugsgebiet im vorhandenen Datensatz gering ist.

Wald

Macht der Flächenanteil Wald mehr als 50 Prozent am Gesamteinzugsgebiet aus, wird bei 28 Prozent der Proben (n=38) keine Zielerfüllung gemäss SPEAR_{pesticide}-Index angezeigt. Bei Untersuchungsstellen mit einem geringeren Flächenanteil Wald am Einzugsgebiet (≤ 10 Prozent), erfüllen deutlich weniger Untersuchungsstellen die Ziele nach SPEAR (Fig. 10). Der Zusammenhang zwischen der Nutzungsdichte Wald und dem SPEAR_{pesticide}-Index ist allerdings nur schwach.

FAZIT UND AUSBLICK

Mit dieser Auswertung liegt erstmals eine gesamtschweizerische Bestandsaufnahme des biologischen Gewässerzustandes der kleinen und kleinsten Fließgewässer vor. Die Auswertung zeigt deutlich, dass an kleinen Bächen erhebliche biologische Defizite bestehen. Bei beinahe 50 Prozent der Proben deuten die Resultate darauf hin, dass die ökologischen Ziele nach MSK nicht eingehalten werden.

Ein wichtiger Aspekt der Datenauswertung sind die unterschiedlichen Erhebungs- und Beurteilungsmethoden. Dies muss einerseits beim Vergleich der Untersuchungsergebnisse berücksichtigt werden. Andererseits muss darauf geachtet werden, dass die verschiedenen Beurteilungsmethoden (*Indices*) Hinweise auf unterschiedliche Defizite geben. Anhand des beim BDM CH verwendeten IBCH wird zum Beispiel der Einfluss der Wasserqualität und der Struktur des Gewässers beurteilt und dieser ist vor allem geeignet für Standorte zwischen der oberen Forellenregion und der mittleren Cyprinidenregion [7]. Der SPEAR_{pesticide}-Index hingegen gibt Hinweise auf Beeinträchtigungen des Makrozoobenthos durch Pestizide und ist unabhängig von der Höhenlage. Für den SPEAR_{pesticide}-Index wurden somit deutlichere Zusammenhänge mit der Landnutzung im Einzugsgebiet erwartet, was für viele Formen der Landnutzung auch der Fall war. So zeigte sich ein eindeutiger

Zusammenhang zwischen der Gewässerbeurteilung mittels SPEAR_{pesticide}-Index und den landwirtschaftlich genutzten Flächen im Einzugsgebiet. Grössere Flächen mit der Nutzungen Reben und Ackerland wirken sich gemäss SPEAR_{pesticide}-Index tendenziell negativ auf den Gewässerzustand aus. In einer anderen Studie (*Artikel Ch. Moschet et al., S. 54*) konnte gezeigt werden, dass gerade in den Spezialkulturen Obst und Gemüse häufig Insektizide gespritzt und bei den meisten Ackerbaukulturen Insektizide als Saatbeizmittel eingesetzt werden. Inwieweit zwischen diesem Pestizideintrag und dem oft ungenügenden ökologischen Zustand der kleinen Fliessgewässer ein Zusammenhang besteht, muss weiter untersucht werden. Aber auch weitere Nutzungsformen wie Siedlungsflächen im Einzugsgebiet hängen mit der Beurteilung durch den SPEAR_{pesticide}-Index zusammen. Je grösser deren Flächenanteil Siedlung ist, desto eher wird auch hier durch den SPEAR_{pesticide}-Index eine Belastung angezeigt.

Die diskutierten Untersuchungsergebnisse zeigen einen klaren Zusammenhang zwischen der Landnutzung im Einzugsgebiet und dem Zustand des Gewässers, welcher auch durch statistische Auswertungen bestätigt werden konnte. Dieser deutet darauf hin, dass gerade in den intensiv landwirtschaftlich und urban genutzten tiefen Lagen die grössten gewässerökologischen Mängel bestehen. Die Gründe für das schlechtere Abschneiden in tiefen Lagen sind vielfältig. Nebst dem diskutierten grösseren Nutzungsdruck liegen diese wohl unter anderem auch bei den grösseren ökomorphologischen Defiziten.

Anhand der vorliegenden Auswertungen konnte trotz des heterogenen Datensatzes ein erster Überblick über die bestehende Belastungssituation gegeben werden. Vor allem die Daten des BDM CH sind ein wichtiger Schritt in Richtung einer repräsentativen Abbildung des Gewässerzustandes der kleinen Fliessgewässer in der Schweiz. So sind die BDM CH-Probenahmestellen in einem gleichmässigen Raster über die ganze Schweiz verteilt und die Untersuchungen beruhen auf einer einheitlichen Methode. Allerdings ist die Anzahl der Untersuchungen des BDM CH bis anhin gering und berücksichtigt zudem die Kleinstgewässer (FLOZ 1) nicht.

Über den Zustand kleiner Fliessgewässer mit grösserem Nutzungsdruck in den

Einzugsgebieten scheint der Datensatz der kantonalen Gewässerschutzfachstellen besser Auskunft geben zu können. Es liegen nur wenige kantonale Daten ausserhalb von intensiv genutztem Gebiet vor. Auch wurden die Probenahmestellen zum Teil aufgrund von vermuteten beziehungsweise bekannten Gewässerverschmutzungen ausgewählt. Bei diesen Untersuchungsdaten müssen auch die regional unterschiedliche Häufigkeit der Proben und die geringere Vergleichbarkeit aufgrund der unterschiedlichen Erhebungs- und Auswertungsmethoden berücksichtigt werden. Mit dem seit 2010 vorliegenden MSK-Makrozoobenthos [7], welches eine einheitliche Untersuchungsmethode vorgibt, wird zukünftig die Vergleichbarkeit der MZB-Proben in der Schweiz verbessert.

Betrachtet werden in dieser Studie als Einflussfaktoren auf den Gewässerzustand einzelne diffuse Belastungsquellen aus dem Einzugsgebiet, mit welchen insbesondere aus der Landwirtschaft und im geringeren Masse aus der Siedlung zu rechnen ist [9]. Da kleine Gewässer bis auf wenige Ausnahmen unbeeinflusst durch Stoffeinträge aus kommunalen Kläranlagen sind [6], wurden diese Punktquellen nicht in die Auswertung miteinbezogen. Im Grossteil der untersuchten Einzugsgebiete kommen aber mehrere Landnutzungen gleichzeitig vor. Eine Auswertung hinsichtlich einer solchen multiplen Belastung aus dem Einzugsgebiet erfolgte im Rahmen dieser Studie nicht. Auch muss beachtet werden, dass sich neben der Landnutzung im Umland noch weitere Faktoren (Ökomorphologie, Wassertemperatur, Wasserführung etc.) negativ auf den Gewässerzustand auswirken können. Eine solche Auswertung multipler Faktoren wird als ein nächster Schritt für ein besseres Verständnis des oft schlechten

Zustandes der kleinen Fliessgewässer vorgeschlagen.

Wie die Auswertung zeigt, sind die kleinen Fliessgewässer mit grossem Nutzungsdruck in tiefen Lagen äusserst stark belastet. Aus diesem Grund und wegen ihrer grossen ökologischen Bedeutung sollten zukünftig vermehrt auch Aufnahmen an sensiblen Kleinstgewässern durchgeführt werden.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Liess, M. (2003): *Kleine Fliessgewässer in der Kulturlandschaft*. In UFZ-Umweltforschungszentrum, & UFZ-Umweltforschungszentrum (Hrsg.), *Forschen für die Umwelt* (Bd. 4). Leipzig: UFZ-Umweltforschungszentrum
- [2] Lubini-Ferlin, V. (2011): *Wasserinsekten* (Bd. Nr. 63). Schaffhausen: Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen
- [3] Vereinigung Deutscher Gewässerschutz e.V. (2008): *Ökologische Bewertung von Fliessgewässern* (Bd. 64). Bonn: Schriftenreihe der Vereinigung Deutscher Gewässerschutz
- [4] Känel, B. et al. (2010): *Zustand der Fliessgewässer in den Einzugsgebieten von Furtbach, Jonen und Reppisch, Messkampagne 2008/2009* (W.E. AWEL Amt für Abfall, Ed.)
- [5] Munz, N. et al. (2012): *Pestizidmessungen in Fliessgewässern*. *Aqua und Gas* (11), pp. 32-41
- [6] Strahm, I. et al. (2013): *Landnutzung entlang des Gewässernetzes. Quellen für Mikroverunreinigungen*. *Aqua & Gas* (Nr. 5)
- [7] Stucki, P. (2010): *Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Makrozoobenthos Stufe F*. *Umwelt-Vollzug Nr. 1026* (Vol. 1026). Bern: Bundesamt für Umwelt
- [8] Kaske, O., Liess, M. (2013): *Abschlussbericht des Interreg IV-Projekts: Ökotoxikologischer Index zur Gewässerbewertung im Bodenseeeinzugsgebiet*. Leipzig: unveröffentlichter Bericht
- [9] Gälli, R., Ort, C. et al. (2009): *Mikroverunreinigungen in den Gewässern – Bewertung und Reduktion der Schadstoffbelastung aus der Siedlungsentswässerung*. *Umwelt-Wissen Nr. 17/09*. Bern, Bundesamt für Umwelt: 103

> SUITE DU RÉSUMÉ

à l'indice SPEAR_{pesticide} est plus fréquemment respecté (84 pour cent), mais le nombre d'échantillons est inférieur. L'analyse de l'exploitation des sols dans le bassin versant de ces petits cours d'eau révèle clairement l'existence de déficits importants, surtout dans les zones agricoles ou urbaines d'exploitation intensive. L'indice SPEAR_{pesticide} est surtout pertinent pour les pollutions diffuses des zones agricoles ou urbaines d'exploitation intensive dans le bassin versant. La présente évaluation, la première à concerner toute la Suisse, met en lumière l'existence de déficits parfois considérables en matière de biocénose de la macrofaune benthique dans les cours d'eau les plus petits. En raison de l'hétérogénéité des données, des déficits écologiques manifestes des cours d'eau et de la grande importance écologique des petits cours d'eau, les études devraient à l'avenir se concentrer de plus en plus sur ces derniers.