

Entwicklung der Biozönose wirbelloser Tiere in Fließgewässern Baden-Württembergs

 Kurzfassung der Ergebnisse 1996 bis 2012



Entwicklung der Biozönose wirbelloser Tiere in Fließgewässern Baden-Württembergs

 Kurzfassung der Ergebnisse 1996 bis 2012

- BEARBEITUNG** LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
Postfach 100163, 76231 Karlsruhe
Referat – Medienübergreifende Umweltbeobachtung, Klimawandel
Dr. Michael Marten
- BEZUG** <http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de>
ID Umweltbeobachtung: U64-M331-J12
- STAND** Oktober 2013, Internetausgabe Februar 2014

Nachdruck - auch auszugsweise - ist nur mit Zustimmung der LUBW unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

ZUSAMMENFASSUNG	4
1 EINLEITUNG	5
2 UNTERSUCHUNGSGEBIET UND –METHODE	6
3 ERGEBNISSE	7
4 BEWERTUNG	13
5 LITERATUR	14

Zusammenfassung

Seit 1995 wird ein biozönotisches Monitoring wirbelloser Tiere an 30 Fließgewässer-Dauerbeobachtungsstellen zum Aufzeigen von Auswirkungen sich allmählich ändernder Umweltparameter, wie klimatischer Einflussgrößen durchgeführt. Mit diesen regelmäßigen Bestandsaufnahmen wurden insgesamt über 600 Tierarten, d. h. eine große Artenvielfalt für Baden-Württemberg festgestellt. Die meisten der 30 Gewässerabschnitte sind artenreich und auch reich an seltenen und geschützten Tierarten. Der Artenreichtum (Biodiversität) nahm im Mittel aller Probestellen von 1995 bis 2004 um gut 20 % zu, danach wieder um rund 10 % ab.

In den großen Schifffahrtsstraßen Rhein und Neckar bestimmen zunehmend eingewanderte und eingeschleppte Tierarten (Neozoa) die Lebensgemeinschaft. Die Zahl der einheimischen Arten ist an einigen dieser Stellen rückläufig. Rhein und Neckar sind bereits von Neozoa überprägt. Im Rhein bei Mannheim nehmen die Neozoa inzwischen mehr als 95 % der Individuen ein. Die Zahl der mit jeder Untersuchung dort nachweisbaren einheimischen Tierarten ist seit 1996 auf ein Drittel gesunken.

Neozoa sind auch die dominierende Ursache für die schlechte Bewertung des Ökologischen Zustandes gemäß Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) in Rhein und Neckar. Ziel der WRRL ist für die Fließgewässer der EU bis 2015 einen guten ökologischen Zustand resp. ein gutes ökologisches Potential zu erreichen. Da Neozoa aus unseren Gewässersystemen nicht mehr wegzudenken sind, wird eine Neubewertung dieser eingewanderten und eingeschleppten Arten nach ihrer ökologischen Funktionsfähigkeit empfohlen.

Der Klimawandel wirkt über Veränderungen der Lufttemperaturen unmittelbar auf die am Ufer lebenden Stadien der Wasserinsekten, aber auch mittels der Wassertemperaturen auf die im Wasser lebenden Stadien der wirbellosen Tiere. Im Vergleich zum der Trend der Lufttemperaturen in Baden-Württemberg verhält sich die beschriebene Artenzahlentwicklung ähnlich.

Wirkungen des Klimawandels auf die Fließgewässer Lebensgemeinschaft können mit dem Anteil Bach- und Flussarten, dem Zonierungsindex und dem Temperature Preference Index angezeigt werden. Wegen der größeren Anzahl von Indikatorarten liefert der Zonierungsindex sicherere Ergebnisse. Während in den ersten 10 Jahren ein Trend zur Aufwärtswanderung besteht, nimmt seit 2005 der Flusscharakter insbesondere der thermisch durch Einleitungen oder Kühlwasser Messstellen wenig beeinflussten Oberlauf-Standorte wieder leicht ab. Ebenfalls ein vergleichbarer Verlauf wie bei der Lufttemperatur im Untersuchungszeitraum.

Insgesamt sind die Änderungen der Lebensgemeinschaft, die sich mit einer Klima-Erwärmung erklären ließen, gering, die Änderungen der Lufttemperatur aber ebenso. Wird, wie in Szenarien zur Klimaentwicklung dargelegt, die Temperatur künftig deutlich ansteigen, werden vor allem in den ohnehin schon sommerwarmen Flüssen viele Arten an ihre Toleranzgrenze kommen.

Eine detaillierte Auswertung der Befunde zum Trendbiomonitoring, mit weiteren Aspekten wie Wassertemperatur, Wasserchemie und Gewässermorphologie, wird als Update des FADO-Dokumentes „Trendbiomonitoring - Biozönotisches Langzeit-Monitoring in Fließgewässern Baden-Württembergs“ unter folgender Adresse erscheinen (in Vorbereitung): <http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/91063/> ID U64-M331 (living document).

1 Einleitung

Seit 1995 wird in Baden-Württemberg ein biologisches Langzeitmonitoring (Trendbiomonitoring) an 30 Fließgewässer-Dauerbeobachtungsstellen durchgeführt. Eine genaue Beschreibung dieses Messnetzes, der Auswerte- und Bewertungsstrategien ist in LUBW (2011) dargelegt. Der hier vorliegende Bericht stellt neuere Auswertungen zum Trendbiomonitoring in kurzer Form zusammen.

Der Zeitreihen orientierte biozönotische Ansatz des Trendbiomonitoring unterscheidet sich klar vom regional vergleichenden, auf ausgewählte Belastungsindikatoren ausgerichteten Ansatz der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL). Das WRRL-Monitoring mit 850 Probestellen in Baden-Württemberg dient dem Aufspüren regionaler Belastungsschwerpunkte und deren Veränderung in Untersuchungszyklen von 3 oder 6 Jahren. Dagegen geht das sogenannte Trendbiomonitoring den Veränderungen der Arten der am Gewässerboden siedelnden Lebensgemeinschaft des Makrozoobenthos an wenigen repräsentativen Probestellen nach. Es werden Änderungen des Artenvorkommens und der Arthäufigkeit unter Berücksichtigung der jahreszeitlichen Entwicklung in den Gewässern gemessen.

Mit speziell auf die Arterfassung ausgerichteter Untersuchungsmethode, werden mit viermaliger Beprobung während der Vegetationsperiode auch die besser bestimmbareren, am Ufer lebenden Adulten der Wasserinsekten mit untersucht. Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, bei Vorliegen längerer Datenreihen Trends im Vorkommen der verschiedenen Arten und in der Reichhaltigkeit der Lebensgemeinschaft zu erkennen und mit der Entwicklung globaler, sich langsam (schleichend) ändernder Umweltfaktoren wie Klimakenngrößen oder atmogene Nährstoffeinträge zu vergleichen.

Die Erhebungen der Artenvielfalt in baden-württembergischen Fließgewässern wurden jetzt bis einschließlich 2012 neu ausgewertet. Inzwischen liegen Daten aus 18 Jahren Monitoring vor, deren erste Auswertungen hier kurz referiert werden. Ein umfangreicher Bericht zum Thema, mit weiteren Auswertungen, ist in Bearbeitung.

2 Untersuchungsgebiet und –methode

Im Vordergrund des biologischen Langzeitmonitoring (Trendbiomonitoring) steht das Makrozoobenthos, die Gewässerboden lebenden wirbellosen Tiere, mit ihren aquatischen und terrestrischen Stadien. Diese Lebensgemeinschaft wird viermal jährlich mittels Zeitsammelmethode (2 Stunden) an jeder der 30 Probestellen aufgenommen. Für alle Probestellen liegen Daten seit 1996 vor, für einige bereits seit 1995. 18 Probestellen befinden sich an den drei großen Flüssen Rhein, Neckar und Donau, 12 an wichtigen Nebenflüssen (Abb. 1). Die meisten dieser Gewässerabschnitte liegen in der normal genutzten Landschaft, d. h. sie sind durch unterschiedliche Nutzungen wie kommunale und industrielle Kläranlagen, Wasserkraft und Kühlwassernutzung direkt sowie durch umliegende Landwirtschaft, Siedlungen und Industrieanlagen indirekt beeinflusst.

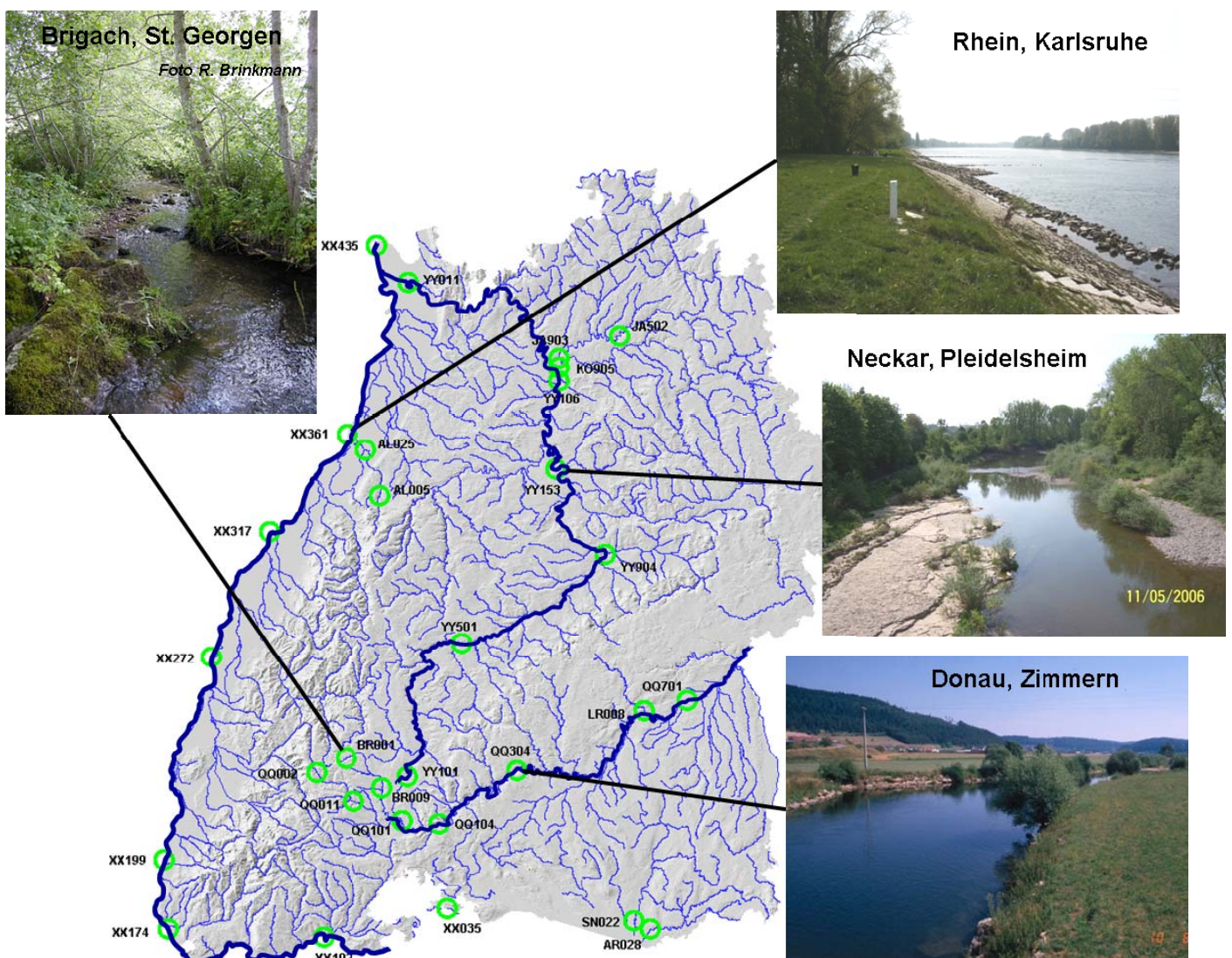


Abb. 1: 30 Trendbiomonitoring Probestellen an Fließgewässern in Baden-Württemberg.

3 Ergebnisse

Großer Artenreichtum wirbelloser Tiere in Fließgewässern

An den 30 Probestellen konnten über 18 Jahre zwischen 1996 und 2012 insgesamt 638 Makrozoobenthos-Arten nachgewiesen werden. Mehr als die Hälfte der Probestellen weisen 200 und mehr Arten auf, darunter etliche Rote Liste Arten und – vor allem an Rhein und Neckar – verschiedene Neozoa-Arten (Abb. 2). Viele geschützte und meist seltene Arten sind mit einzelnen Stichprobenuntersuchungen kaum nachzuweisen; sie sind nicht zu jeder Jahreszeit und nicht in jedem Jahr zu finden. Im Laufe von regelmäßigen Wiederholungsuntersuchungen steigt die Nachweischance. Bisher wurden im Mittel der Probestellen 31 Arten der Roten Liste aufgefunden. Den Höchstwert weist die Jagst bei Berlichingen (JA501) mit 55 Arten auf, den niedrigsten Wert der Neckar bei Schwenningen (YY101) mit 12 Rote Liste Arten.

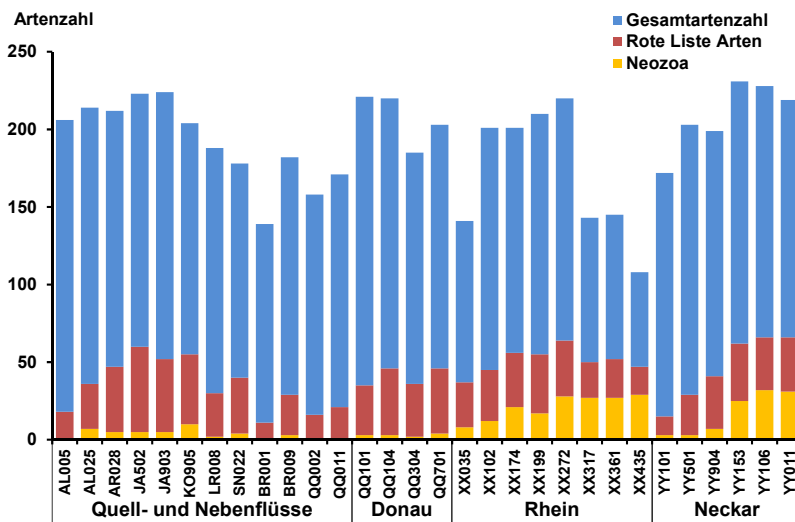


Abb. 2: Vergleich der Artenzahlen (Säulenhöhe), Zahl der Rote Liste Arten (rot) und der Neozoa-Arten (gelb) an 30 Dauerbeobachtungsstellen in Baden-Württemberg (Makrozoobenthos, excl. Oligochaeta und Diptera).

Die in Rhein und Neckar inzwischen sehr häufigen, örtlich bis zu 30 verschiedenen Neozoa-Arten können einen erheblichen Verdrängungseffekt auf die einheimischen Arten haben. Auf der Strecke von Strasbourg bis unterhalb Mannheim gehören 90 % der vorgefundenen Tiere in 2012 zu den überwiegend aus der unteren Donau über den Schiffsverkehr eingeschleppten Neozoa (Abb. 3).

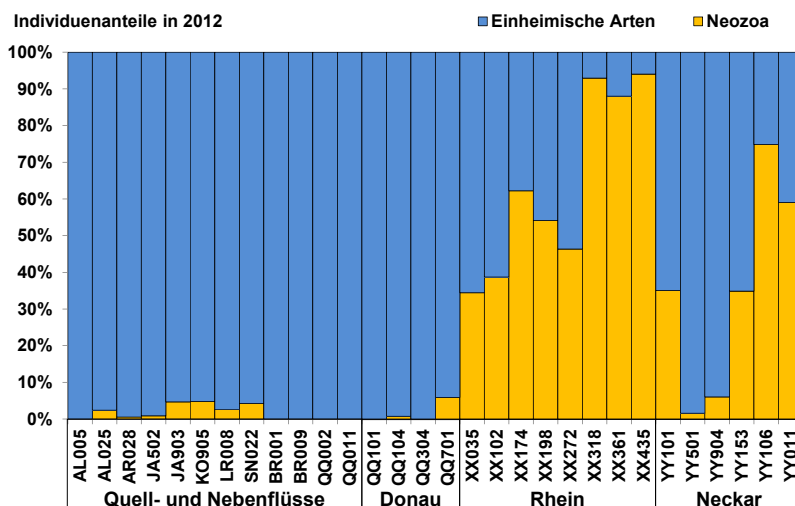


Abb. 3: Individuenanteile Neozoa (gelb) und einheimische Arten (blau) an 30 Fließgewässer Dauerbeobachtungsstellen in Baden-Württemberg (Makrozoobenthos, excl. Oligochaeta und Diptera).

Entwicklung der Biodiversität

Das Programm Trendbiomonitoring hat zum Ziel die zeitliche Entwicklung (Trends) in der Lebensgemeinschaft vor dem Hintergrund des Messwerterausschens zu beschreiben. Mit den neu hinzugekommenen Jahrgängen setzt sich die bereits bis 2008 angedeutete Trendumkehr (LUBW 2011) der über 30 Dauerbeobachtungsstellen ermittelten Artenzahlen fort. Seit etwa 2005 nimmt die so beschriebene Biodiversität an diesen meist großen und mittelgroßen Fließgewässern wieder leicht ab (Abb. 4).

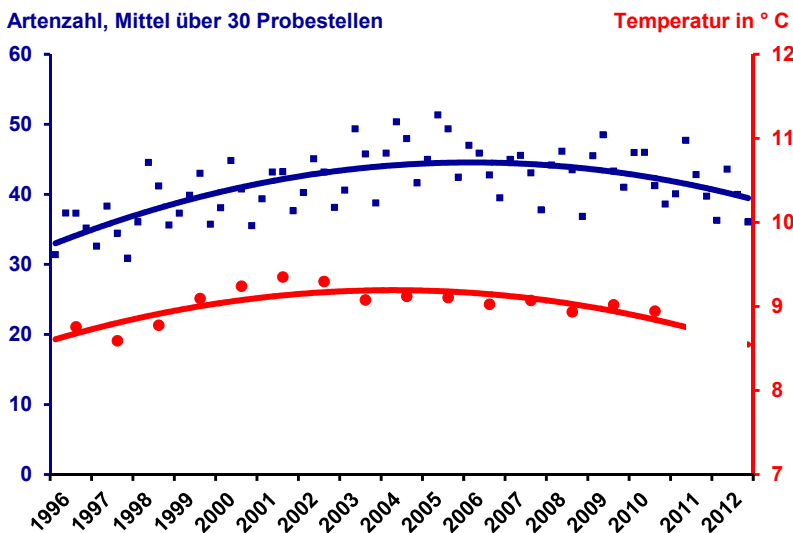


Abb. 4: Entwicklung der Artenzahlen (blau) in den Jahren 1996 bis 2012 mit je vier Untersuchungsterminen. Mittelwerte aus 30 Probestellen (Makrozoobenthos, excl. Oligochaeta und Diptera).

Entwicklung des gleitenden 5-Jahres Mittelwertes des Jahres-Lufttemperatur-Gebietsmittels Baden-Württemberg (rot) für die Jahre 1994-2012 (über die Periodenmitte aufgetragen).

Der Klimawandel kann den Zustrom neuer Tier- und Pflanzenarten fördern. Ob die biozönotische Entwicklung mit der augenfällig ähnlichen Entwicklung der Lufttemperaturen zusammenhängt (Abb. 4), ist eine der Fragestellungen des Trendbiomonitoring. Lufttemperaturen wirken auf die uferlebenden Stadien der Wasserinsekten ein. Die Entwicklung der Lufttemperatur ist oft mit jener der Wassertemperaturen korreliert (IKSR 2013). Wassertemperaturen und weitere physikalische und chemische Stoffe sind ebenfalls Wirkgrößen für die Gewässerfauna. Alle Parameter können Veränderungen der Biodiversität begründen. Zunächst wird versucht mit Hilfe der biologischen Indikation weiteren Aufschluss über die Einflussgrößen zu erhalten.

Einfluss der Neozoa

Der anfängliche Anstieg der Biodiversität ist gut mit der Zunahme von Neozoa in Rhein und Neckar zu erklären. Im Rhein bei Neuenburg kann diese Entwicklung sehr gut verfolgt werden (Abb 5).

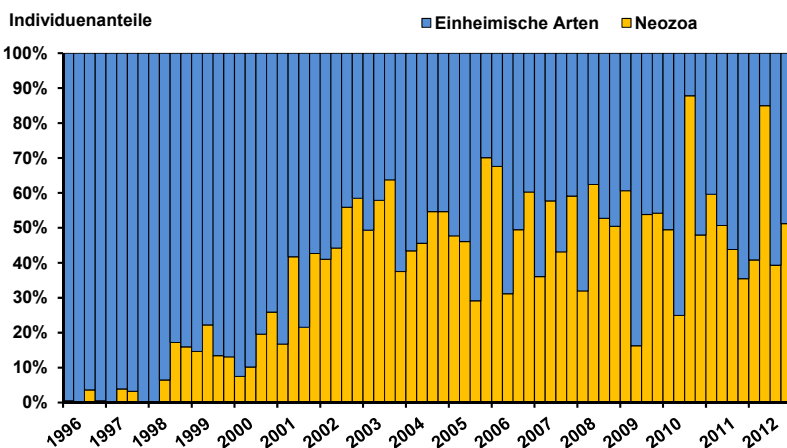


Abb. 5: Entwicklung der Individuenanteile von Neozoa (gelb) und einheimischen Arten (blau) im Untersuchungszeitraum 1996 -2012 im Rhein bei Neuenburg (XX199, Makrozoobenthos, excl. Oligochaeta und Diptera).

Andererseits ist der Rückgang der biologischen Vielfalt an weiter unterhalb am Rhein gelegenen Probestellen augenfällig. Unterhalb von Mannheim (Kirchgartshausen) waren bereits 1996, kurz nach Öffnung des Rhein-Main-Donau-Kanals in 1992, etliche der sehr expansiven Neozoa mit 80 – 90 % der auffindbaren Individuen sehr dominant. Seit 2010 nehmen die Neozoa-Arten mehr als 95 % der Individuen ein und Verdrängen offensichtlich die einheimischen Arten, die von anfangs 20 auf zuletzt vier Arten zurückgegangen sind (Abb. 6).

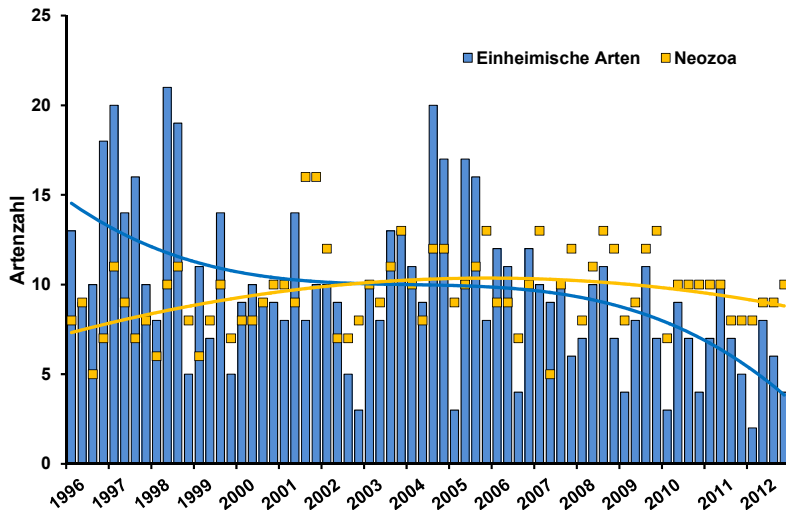


Abb. 6: Entwicklung der Artenzahlen Neozoa (gelbe Rechtecke und Polynom zur Verdeutlichung des Trends) und einheimischen Arten (blaue Säulen und Polynom) im Untersuchungszeitraum 1996 -2012 am Rhein bei Kirchgartshausen (XX435, Makrozoobenthos, excl. Oligochaeta und Diptera).

Wasserqualität und Bewertung der ökologischen Qualität

Die Probestellen wurden 1995 mit der Vorgabe ausgewählt, dass sie mindestens der damaligen Güteklasse II entsprechen, also nur mäßig organisch belastet sind (vergleichbar Qualitätsklasse 2 für Modul Saprobie nach WRRL/PERLODES). Die Bewertung der Befunde mit ASTERICS (Ver. 3.3.1) zeigt, dass dies auch heute noch gegeben ist. Für alle Probestellen werden in der Zeitreihe 1995 – 2012 überwiegend gute bis sehr gute Verhältnisse hinsichtlich der organischen Belastung (Modul Saprobie) biologisch indiziert. Veränderungen dieser Bewertung in der Zeitreihe sind nicht signifikant.

Bei der der sogenannten Allgemeinen Degradation (AD), einem weiteren Modul des WRRL Bewertungssystems, liegt der Fall anders. Die AD soll den gewässermorphologischen Zustand biologisch bewerten und bestimmt nach dem worst case Prinzip vorwiegend die Ökologische Zustandsklasse. Vor allem Rhein- und Neckar-Probestellen werden zunehmend mit Qualitätsklasse unbefriedigend und schlecht ausgewiesen. Auch im Mittel aller Probestellen weist der Trendindex (TI, Marten 2006) eine Verschlechterung der ökologischen Verhältnisse aus (Abb. 7, letzte Spalte).

Für die schlechte Bewertung ist das Aufkommen der Neobiota verantwortlich, die verfahrensabhängig je nach Flusstyp als stark negativer Einfluss bewertet werden. In kiesgeprägten Strömen (Flusstyp 10, unterer Neckar und Rhein) sind Neozoa nur mäßig negativ gewertet. Werden auch der Rhein und die unterste Neckar-Probestelle als Gewässertyp 9.2, Große Flüsse des Mittelgebirges, eingestuft, wird der Einfluss der Neozoa besonders deutlich (Abb. 7).

Auch die neueste ASTERICS Version (3.3.1) weist noch den methodisch bedingten Bewertungsbruch auf (s. auch Marten 2009). Das Vorkommen von Neozoa bedeutet nicht zwangsläufig, dass die ökologische Funktionsfähigkeit des betroffenen Gewässers gestört ist. Eine Trennung der Bewertung des funktionalen ökologischen Zustandes von der Überprägung durch gebietsfremde Tierarten wird empfohlen (LUBW 2011).

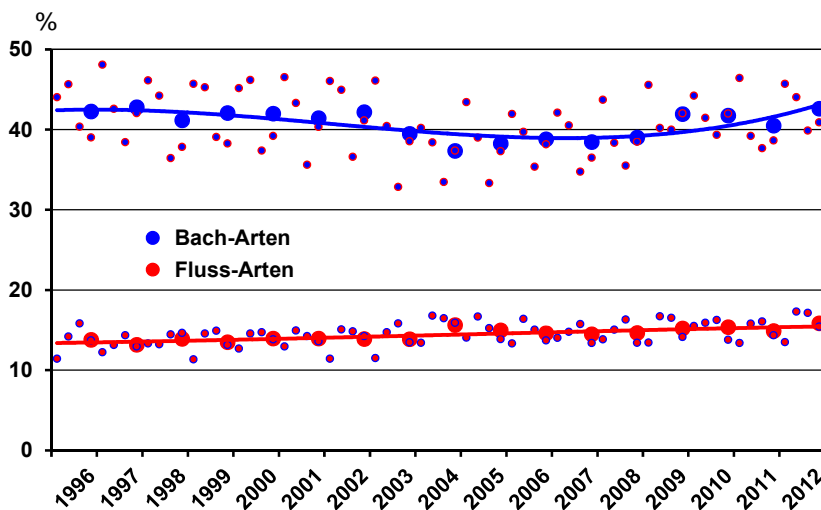
Jahr/ PS Typ	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	TI		
Quelle- und Nebenflüsse	AL005 5,1	2 2 2 2	2 2 3 2	2 2 2 2	2 2 2 3	2 2 2 2	2 2 1 2	1 1 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	1 2 2 2	2 2 2 2	1 2 2 2	-10,7	
	AL025 9	4 4 4 4	3 3 4 4	3 4 4 4	3 4 4 4	3 4 4 4	3 3 4 4	2 3 3 3	2 3 4 4	3 3 4 4	3 3 4 4	2 3 4 4	3 4 4 4	3 4 4 4	3 4 4 4	3 4 4 4	3 4 4 4	3 5 4 4	38,5	
	AR028 3,2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	11,4
	JA602 9,2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	19,2
	JA903 9,2	2 2 3 3	2 2 2 3	2 2 4 3	2 2 3 3	2 2 3 3	2 2 3 3	2 2 2 3	2 2 3 3	2 2 3 3	2 2 3 3	2 2 3 3	2 2 2 3	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 3 3	2 3 3 3	2 3 3 3	7,2
	KO906 9,2	5 3 4 4	3 4 3 3	2 3 4 3	2 2 3 3	2 2 3 3	2 2 3 3	2 2 3 3	2 2 3 3	2 3 4 4	3 3 4 4	3 3 3 3	2 3 3 3	2 2 2 3	2 2 2 3	2 2 2 3	2 2 2 3	2 3 3 3	3 3 4 4	-2,9
	LR008 9,1	1 1 1 1	1 1 1 2	1 2 2 2	1 2 1 2	1 1 1 2	1 1 1 2	1 1 2 2	1 1 2 2	1 1 2 2	1 1 2 2	1 1 2 2	1 1 2 2	1 1 2 2	1 1 2 2	1 1 1 2	1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 2 2	17,0
	SN022 3,2	3 3 3 4	2 3 2 3	2 3 3 3	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	-32,6
	BR001 5	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	-8,9
	BR009 9	3 3 4 4	3 4 4 4	4 3 4 4	3 3 4 4	3 3 4 4	3 3 5 5	2 2 4 3	4 3 5 5	3 3 5 5	4 4 5 4	3 4 5 4	4 4 4 5	4 3 4 5	3 4 4 5	3 3 3 4	3 3 4 4	4 3 3 5	33,0	
QQ002 5	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	1 1 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 1 2 2	1 2 2 2	1 1 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	0,5	
QQ011 9	1 1 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	19,8	
Donau	QQ101 9,1	2 3 3 4	2 2 3 4	2 2 3 3	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 3 3	3 3 3 3	3 2 3 3	2 2 2 2	2 2 3 3	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	3 3 2 2	-18,3	
	QQ104 9,1	3 2 4 3	2 3 3 3	2 2 3 3	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 3 3	2 2 3 3	3 3 4 3	2 3 3 3	3 3 2 3	3 3 3 3	2 2 4 3	2 3 3 3	2 3 4 3	3 3 3 4	3 3 3 3	52,7	
	QQ304 9,2	2 3 2 2	2 2 2 3	2 2 3 3	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 3 3	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	1,1	
	QQ701 9,2	2 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	2 2 2 2	1 2 2 2	2 2 2 2	1 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	1 2 2 3	2 2 2 3	2 2 2 2	2 2 3 3	2 2 2 2	33,2	
Rhein	XX036 9,2	4 4 3 4	4 3 3 3	5 4 4 4	3 3 4 3	2 3 3 3	3 3 3 3	3 3 4 4	3 3 3 3	4 4 4 4	3 3 4 4	3 3 4 3	3 4 3 4	3 3 3 3	4 4 3 4	4 4 3 4	3 3 4 4	4 3 2 3	11,8	
	XX102 9,2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 3 3	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 3 3	2 3 3 4	2 3 2 4	63,5	
	XX174 9,2	2 3 3 3	3 4 4 4	3 4 4 4	2 3 3 3	3 3 4 4	3 3 4 4	3 4 5 4	3 4 4 4	4 3 5 4	4 4 4 4	3 4 5 5	4 4 4 5	3 4 4 4	3 4 4 4	3 4 4 4	4 4 4 4	3 4 4 4	67,6	
	XX198 9,2	2 2 3 4	3 3 4 3	2 2 4 4	2 3 3 3	3 3 3 3	3 4 4 4	4 4 4 4	4 4 4 4	4 4 4 4	4 4 5 5	4 4 5 5	4 4 5 5	4 4 5 5	4 4 5 5	4 4 5 5	4 4 5 5	4 4 5 5	187,6	
	XX272 9,2	4 6 4 4	5 5 5 5	4 4 5 5	4 4 5 5	4 4 4 4	4 4 4 4	4 4 5 5	4 4 5 5	4 4 5 5	4 4 5 5	4 4 5 5	4 4 5 5	4 4 5 5	4 4 5 5	4 4 5 5	4 4 5 5	4 4 5 5	69,4	
	XX318 9,2	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	28,6	
	XX361 9,2	5 4 4 5	4 5 5 5	4 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	48,9	
	XX435 9,2	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	28,6	
Neckar	YY101 6	3 2 3 3	2 2 3 3	2 2 3 4	2 3 3 3	3 3 3 3	2 2 3 3	2 2 3 3	2 2 3 3	3 3 3 3	3 3 3 4	3 3 3 3	4 4 4 4	4 3 3 4	3 3 3 3	2 3 3 4	2 3 3 4	3 3 4 4	81,3	
	YY01 9,2	2 2 3 3	2 2 2 3	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 3 3	2 2 2 2	2 2 2 2	2 2 3 3	2 2 3 3	2 2 3 3	2 2 3 3	2 2 3 3	2 2 3 3	2 2 2 2	2 3 3 3	2 2 3 3	35,1	
	YY904 9,2	4 3 4 4	4 4 4 4	2 2 3 3	2 2 2 4	2 2 3 3	2 2 3 3	2 2 3 3	2 2 3 3	2 2 3 3	2 2 3 3	2 2 2 3	2 2 2 3	2 2 2 3	2 2 2 3	2 2 3 3	2 2 3 3	3 3 3 3	-30,9	
	YY153 9,2	5 4 4 5	4 4 4 4	4 4 4 4	4 4 4 4	4 4 4 4	5 4 5 5	4 4 5 5	4 4 3 4	3 4 4 5	4 4 5 5	4 4 4 5	3 4 5 5	4 4 5 5	3 3 4 4	3 3 4 4	4 3 4 5	3 5 5 5	4 4 5 5	26,1
	YY106 9,2	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	5 5 5 5	26,6	
	YY011 9,2	4 4 5 5	3 4 4 5	4 4 5 5	4 4 5 5	4 4 5 5	4 4 5 5	4 4 5 5	4 4 5 5	4 4 5 5	4 4 5 5	4 4 5 5	4 4 5 5	4 4 5 5	4 4 5 5	4 4 5 5	4 4 5 5	4 4 5 5	76,0	
																		Mean:	29,3	

Legende: ■ sehr gut ■ gut ■ mäßig ■ unbefriedigend ■ schlecht

Abb. 7: Ökologische Zustandsklasse der 30 Dauerbeobachtungsstellen von 1996 bis 2012. Die Probestellen am Rhein und die unterste Neckar Probestelle (YY011) sind abweichend von der regulären Einstufung mit Gewässertyp 9.2 bewertet, um den Methodenbruch in ASTERICS zu umgehen. In der letzten Spalte ist der Trendindex (TI) dargestellt, der die Verbesserung (blau) oder Verschlechterung (rot) der biologischen Indikation jeder Probestelle über die Zeitachse beschreibt (Nähere Erläuterungen vgl. Text).

Antwort des Makrozoobenthos auf den Klimawandel?

Eine Erwärmung der Fließgewässer könnte eine Aufwärtswanderung auch der einheimischen Gewässerorganismen entlang des thermischen Gradienten (zunehmende Wassertemperatur mit Quellentfernung) zur Folge haben. Entsprechende Beobachtungen wurden in Marten (2011) für die Datenlage des Trendbiomonitoring bis 2008 beschrieben, Bacharten nahmen zunächst tendenziell an Bachmessstellen ab und Flussarten nahmen zu. Eine Aufhebung dieser Tendenz bei den Bacharten zeichnete sich bereits damals ab. Die neuen Daten 2009-2012 bestätigen diesen Trendwechsel bei den Bacharten; 2012 ist das ursprüngliche Niveau von 1996 wieder erreicht. Die Bach-Arten scheinen aus den höheren, kühleren Regionen wieder zurückgekehrt zu sein. Dagegen nehmen die Flussarten an diesen Probestellen weiter kontinuierlich und signifikant ($p = 0.001$) zu



(Abb. 8).

Abb. 8: Entwicklung der Prozentanteile von Bach- (blau) und Fluss-Arten (rot) an den 10 bachähnlichsten der Dauerbeobachtungs-Messstellen in Baden-Württemberg. Einzelwert (4 Proben/Jahr, kleine Punkte) und Jahresmittelwerte (große Punkte).

Zur genaueren Analyse der Einnischung der Fließgewässer-Lebensgemeinschaft entlang des Bach-Fluss-Gradienten und der Auswirkungen von Temperaturänderungen wurden die Daten mit zwei Indices, dem Zonierungs Index Z_8^1 (Marten 2010) und dem Temperature Preference Index TPI_4^2 (Marten 2011) ausgewertet. Genaue Erläuterungen zu den Indices siehe LUBW (2011).

Auch der Zonierungsindex weist eine leichte Veränderung ab 2005 in allen drei zusammengestellten Probestellen-Kollektiven aus: Die Zunahme der „Potamalisierung“, d. h. dem zunehmenden Vordringen der Flusslebensgemeinschaft an den 10 bachtypischsten Messstellen, und auch im Mittel über alle 30 Dauerbeobachtungsstellen, ist seit 2005 beendet. Die beiden am wenigsten mit häuslichen und industriellen Abwässern, Wasserkraftanlagen oder Kühlwässern thermisch belasteten Messstellen an Breg und Brigach zeigen sogar einen Rückgang des Einflusses der Flusslebensgemeinschaft an (Abb. 9).

Z_8 (1- 8)

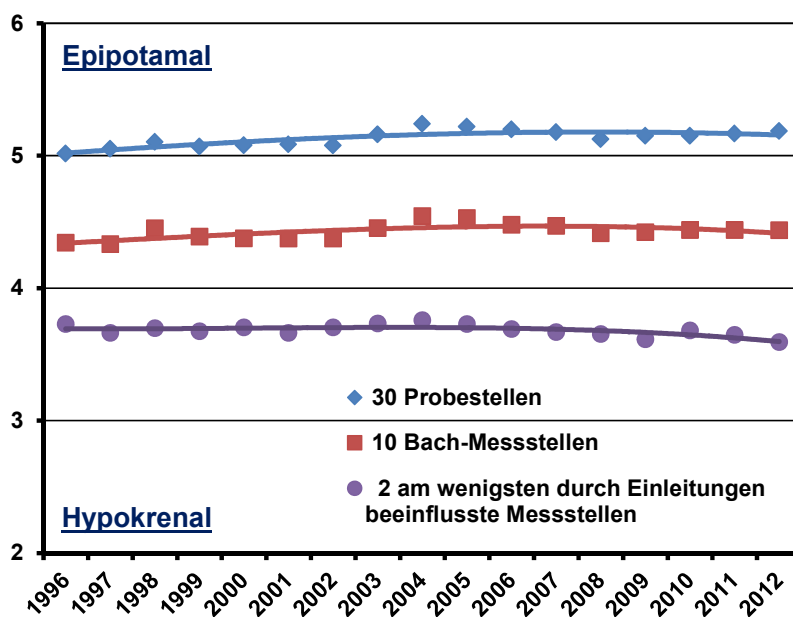


Abb. 9: Zonierungs Index Z_8 berechnet als Jahresmittelwerte über 4 Sammeltermine für verschieden Probestellen Kollektive.

Der Vorteil des Zonierungs Index liegt darin, dass 90 % der Fließgewässer-Organismen indiziert, d. h. hinsichtlich ihres Vorkommens in bestimmten Flusszonen (Quelle, Bach, Fluss) eingestuft sind. Dies ist beim zweiten hier aufgestellten Index, dem Temperature Preference Index, nicht der Fall; für nur 26 % der Tierarten liegen bislang Zuordnungen zu bestimmten Temperatur Präferenzbereichen vor. Insofern sind die dazu nachfolgend dargestellten Ergebnisse noch mit Vorbehalt zu betrachten. Zwar lässt auch hier der ehemalige Anstieg des Index im Mittel der 30 Dauerbeobachtungsstellen und im zehner Bachmittel analog zum Zonierungsindex erkennbar nach, jedoch steigt an den durch mögliche thermische Einleitungen am wenigsten belasteten Messstellen der Breg und Brigach der TPI_4 deutlich an, d. h. indiziert höhere Temperaturen in diesen beiden Gewässern (Abb. 10).

¹ Der Zonierungs Index beschreibt die räumliche Präferenz der Lebensgemeinschaft im Fließgewässer-Verlauf

² Der Temperature Preference Index beschreibt die Temperatursensitivität der Lebensgemeinschaft

TPI₄ (1-4)

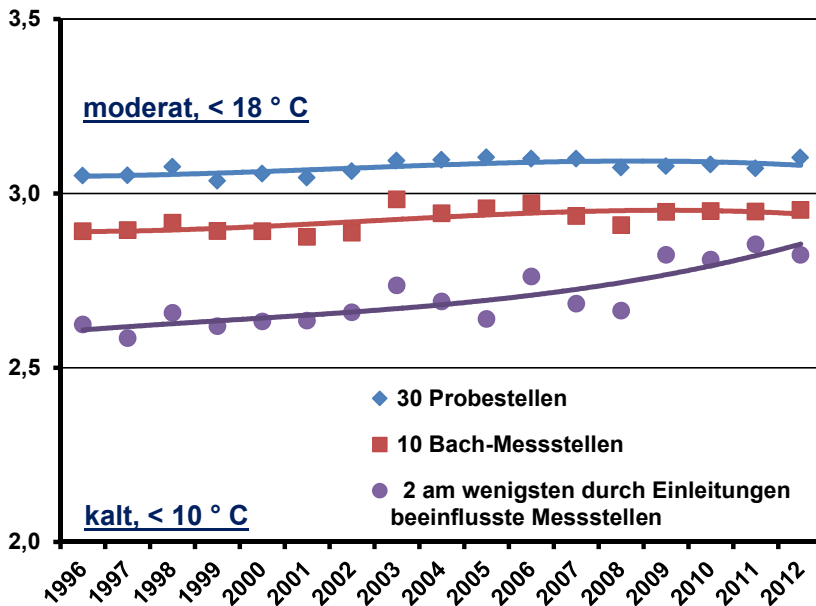


Abb. 10: Temperature Preference Index TPI₄ berechnet als Jahresmittelwerte über 4 Sammeltermine für verschieden Probestellen Kollektive.

Die hier als Maß für den Klimawandel betrachteten Änderungen der lokalen Lufttemperaturen (vgl. Abb. 4, Abb. 11) sind im Beobachtungszeitraum vergleichsweise gering. Trends sind in der Kürze der Zeitperiode bedingt durch die Fluktuationen der Jahresmittel von Jahr zu Jahr nicht signifikant auszumachen. Der Temperaturunterschied im linearen Trend der Jahresmitteltemperaturen seit dem sprunghaften Anstieg 1987/88 (Regime Shift, North et al. 2013, IKS 2013), d. h. im Zeitfenster zwischen 1988 und 2012, liegt bei + 0,26 °C in 25 Jahren (Abb. 11). Ein geringer Wert angesichts der Schwankungsbreite der Jahresmittel von 2,46 °C im gleichen Zeitraum (Minimum 1996 7,41 °C, Maximum 1994 9,87 °C).

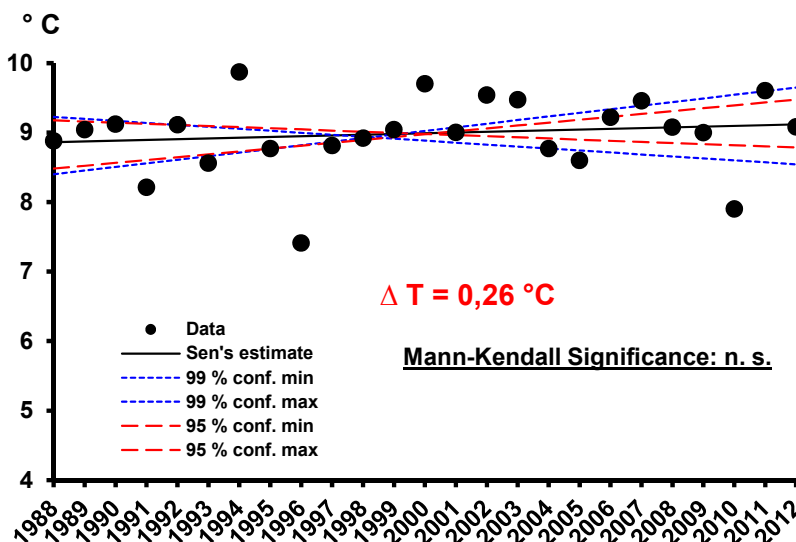


Abb. 11: Entwicklung der Jahresmitteltemperaturen in Baden-Württemberg (Gebietsmittel, DWD) seit dem Temperatur Sprung 1987/1988.

Insofern ist auch eine Prägung baden-württembergischer Fließgewässer und deren Lebewelt durch die Veränderung klimatischer Einflüsse vor dem Hintergrund der Überprägung durch andere, siedlungsbedingte Einflüsse, derzeit eher als gering einzuschätzen. Beispielsweise sind an der Neckar-Messstelle Rockenau die Temperaturen nach Messungen der LUBW in den letzten 20 Jahren um 2,4 °C zurückgegangen, bedingt z. B. durch die Einstellung des Leistungsbetriebes des 20 km oberhalb gelegenen Kraftwerkes Obrigheim in 2005

(LUBW 2011). Diese Situation kann sich im Zuge des erwarteten künftigen Lufttemperaturanstiegs (LUBW 2013) grundlegend ändern, d. h. mit erneuter Trendumkehr des Wanderungsgeschehens würden dann die Gewässerorganismen wieder eine Erwärmung der Gewässer ausweisen.

4 Bewertung

Die Untersuchungen zum Trendbiomonitoring weisen die meisten der Gewässerabschnitte als artenreich und auch reich an seltenen und geschützten Tierarten aus. Insbesondere die großen Schifffahrtsstraßen Rhein und Neckar sind in Baden-Württemberg inzwischen von Neozoa überprägt. Die Zahl der einheimischen Arten ist an einigen dieser Stellen rückläufig.

Für diese Entwicklung an den Schifffahrtsstraßen ist derzeit in erster Linie der Anschluss dieser Systeme über den Rhein-Main-Donau-Kanal an das Donaueinzugsgebiet und das Schwarzmeergebiet, der Herkunft der meisten der Neozoa, verantwortlich. Die Ausbreitung der neuen Arten konnte sehr rasch über den Schiffsverkehr und deren Ballastwasser erfolgen. Die morphologisch naturfernen Ausprägungen von Oberrhein und Neckar in weiten Bereichen sind der Ansiedlung der anspruchslosen Neobiota förderlich. Aufgrund des hohen Vermehrungspotentials dieser Arten und deren Konkurrenzstärke ist die Verdrängung einheimischer Arten, die an diesen ausgebauten Gewässerabschnitten mit grenzwertigen Substrat- und Strömungsbedingungen bislang überlebt haben, leicht erklärbar.

Aus biologisch indikatorischer Sicht ist die Wasserqualität im Untersuchungszeitraum insgesamt stabil und kann nicht Ursache dieser Veränderungen durch Neozoa sein. Die Neozoa haben aber einen erheblichen (negativen) Einfluss auf die Bewertung nach ASTERICS/PERLODES, so dass der eigentliche Bestimmungszweck der Bewertungssysteme, das Aufzeigen von Änderungen der Gewässerqualität und der Gewässerstruktur vollkommen überdeckt werden kann und dies durch unterschiedliche Bewertung in verschiedenen Fließgewässertypen dazu uneinheitlich.

Die Auswirkungen klimatischer Änderungen auf die Gewässerbiologie sind bisher als vergleichsweise gering anzusehen. Allerdings sind die klimatischen Änderungen im Untersuchungszeitraum, hier gemessen an der Jahresmitteltemperatur, auch recht gering. Die genauere Verlaufsbeobachtung der Gebietstemperaturen (gleitender 5 Jahresmittelwert) offenbart aber ein analoges Bild zur Fließgewässer längszonalen Einnischung des Makrozoobenthos im zeitlichen Verlauf. Nach den vorliegenden Untersuchungen und Auswertungen scheint die Beschreibung der Entwicklung der Lebensgemeinschaft in der Zeitachse über den Zonierungs Index ein sensibles Maß für mittelfristige Änderungen des Temperaturregimes in Fließgewässern zu sein. Je nachdem, ob eine Erwärmung oder Abkühlung des Gewässers stattfindet, wandert die Lebensgemeinschaft des Makrozoobenthos entlang des Temperaturlängsgradienten flussaufwärts oder flussabwärts, um die optimalen Bedingungen für die Absolvierung der strikt Temperatur gesteuerten Lebenszyklen zu finden. Dadurch kann es auch zu Änderungen der Artenzahlen, als einfachster Form der Biodiversitätsänderung, kommen.

Nach Szenarien für die Zukunft (LUBW 2013) wird sich eine Erwärmung der Luft entsprechend im Bereich mehrerer Grade einstellen. Dann werden auch die teilweise schon jetzt sehr hohen sommerlichen Wasser-

temperaturen (im Neckar 28 °C) in wenig beschatteten und zusätzlich durch Kühlwässer erwärmten größeren Flüssen die Toleranzschwellen für Organismen überschreiten. Insbesondere einheimischen Arten, die an kühlere mitteleuropäische Verhältnisse angepasst sind, wird damit die Überlebenschance genommen. Fehlen die hier betrachteten wirbellosen Tiere, die grundlegender Bestandteil der Fischnahrung sind, wird sich dies auch auf den Fischbestand und die Fischbewirtschaftung auswirken.

Um weitere Absicherung für diese bisherigen Erkenntnisse und auch die Beweissicherung der Auswirkungen stärkerer klimatischer Änderungen zu bekommen, ist eine Fortführung der Untersuchung in gleichbleibendem Umfang erforderlich. Insbesondere eine erneute Trendwende im Temperaturverlauf - eine erneute Erwärmung - würde bei weiterhin gleichsinnigem Verlauf der biologischen Kenngrößen zunehmende Gewissheit über die im Bericht beschriebenen Auswirkungen klimatischer Änderungen auf die Gewässerlebensgemeinschaft erbringen.

5 Literatur

IKSR (2013): Darstellung der Entwicklung der Rheinwassertemperaturen auf der Basis validierter Temperaturmessungen von 1978 bis 2011. – Internationale Kommission zum Schutze des Rheins (IKSR), Koblenz: 28 S.

LUBW (2011): Trendbiomonitoring – Biozönotisches Langzeit-Monitoring in Fließgewässern Baden-Württembergs. - Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (Hrsg.), Karlsruhe, Dezember 2011. 58 Abb., 19 Tab., 17 Fotos, 95 Seiten: <http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/content/101750/U64-M331>

LUBW (2013): Zukünftige Klimaentwicklung in Baden-Württemberg – Perspektiven aus regionalen Klimamodellen. - <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/229984/>: 162 S.

Marten, M. (2006): 10 Jahre Trendbiomonitoring in Baden-Württemberg. – Ergebnisse biologischer Langzeituntersuchungen in Fließgewässern. Deutsche Gesellschaft für Limnologie e. V. (2007), Tagungsbericht 2006: 358-362.

Marten, M. (2009): Diversität und Variabilität des Makrozoobenthos und der indizierten ökologischen Bewertung am Beispiel langjähriger Untersuchungen in Fließgewässern Baden-Württembergs. - Deutsche Gesellschaft für Limnologie e. V., Erweiterte Zusammenfassungen der Jahrestagung 2009 (Oldenburg), Hardegsen 2010: 245-250.

Marten, M. (2010): Makrozoobenthos und Klimawandel – reichen unsere Monitoringsysteme aus? - Deutsche Gesellschaft für Limnologie e. V., Erweiterte Zusammenfassungen der Jahrestagung 2010 (Bayreuth), Hardegsen 2011: 375-380.

North, R. P., D. M. Livingstone, R. E. Hari, O. Köster, P. Niederhauser & R. Kipfer (2013): The physical impact of the late 1980s climate regime shift on Swiss rivers and lakes. - Inland Waters 3: 341-350.

