



## FAQ

### **Sommerliche Hitzewelle – Welches Risiko besteht für Fische, Wirbellose und Pflanzen in unseren Gewässern?**

#### **1. Sommerliche Hitzewelle – Welches Risiko besteht für Fische und Wirbellose bei dauerhaft hohen Wassertemperaturen von >25° C in unseren großen Flüssen?**

Was passiert vor dem Hintergrund einer sommerlichen Hitzewelle mit sinkenden Abflüssen und steigenden Wassertemperaturen im Gewässer und wie reagiert die Gewässer-Lebensgemeinschaft darauf? Insbesondere die **großen, breiten Fließgewässer** (z. B. Rhein, Mosel) sind mangels Beschattung ihrer Wasserflächen und infolge langer Fließzeiten einer höheren Erwärmung ausgesetzt als die meisten kleineren Bäche und Flüsse im Land. Sowohl die typischen Flussfische als auch die Wirbellosen-Lebensgemeinschaft großer Ströme sind daher grundsätzlich auf solche Bedingungen – hohe sommerliche Wassertemperaturen – von Natur aus eingestellt. Dennoch kann es bei extremen Hitzeperioden zu kritischen Lebensbedingungen kommen.

#### **„Dauerstress“ für Fische**

Sinkt der Abfluss, verringert sich der benetzte Gewässerquerschnitt, d. h. der Lebensraum und die Ausweichmöglichkeiten der **Fische** werden eingeschränkt. Beschattete Uferpartien fallen trocken und die ökologische Durchgängigkeit (z.B. Wanderung von Fischen) ist durch die niedrigen Wasserstände zusätzlich eingeschränkt. Bei hohen Temperaturen arbeitet der Stoffwechsel der Tiere so schnell, dass sie nicht mehr genügend Nahrung finden. Sie beginnen ihre Fettreserven aufzuzehren, um den Körper mit Energie zu versorgen. Gleichzeitig nimmt die Sauerstoffzehrung im Gewässer zu. Für die wechselwarmen Gewässerorganismen beginnt nun ein „Teufelskreislauf“: Sie haben einen gesteigerten Energie- bzw. Sauerstoffbedarf bei gleichzeitig sinkendem Sauerstoffangebot im Wasser und sich verschärfenden Lebensbedingungen. Hält diese Situation länger an, geraten die Fische in Dauerstress. Weniger robuste Arten,

Altersstadien oder geschwächte Individuen können sterben. Auch steigt die Anfälligkeit für Krankheiten wie der „Proliferativen Nierenkrankheit“, einer Parasitose bei Salmoniden oder der „Aalrotseuche“, eine Infektionskrankheit, die im Hitzesommer 2003 regional ausbrach. In den zurückliegenden Dürreperioden innerhalb der Jahre 2017-2020 war im rheinland-pfälzischen Rhein und auch der Mosel kein Fischsterben zu verzeichnen.

### **Nahrungsmangel und Habitatverlust bei Muscheln**

Für die **Wirbellosen** gilt diese durch Wärme und geringe Wasserstände bedingte Stresszunahme in ähnlicher Weise - zumindest bei Muscheln wurde dies beobachtet. So gab es bei der letzten, langandauernden Hitzeperiode im Sommer 2003 ein größeres Muschelsterben der Körbchenmuschel (*Corbicula*), die damals recht große Bestände im Rhein hatte. Heute ist sie noch überall in Rhein und Mosel vorhanden, aber in geringerer Dichte. Die Muscheln steigern mit der Wassertemperatur ihre Stoffwechselaktivität, benötigen also mehr Nahrung, um ihre Lebensfunktionen aufrechtzuerhalten. Als Filtrierer leben sie von kleinen, organischen Partikeln, die die Strömung ihnen zutreibt: pflanzliches und tierisches Plankton und anderes, abgestorbenes und feines organisches Material. Bei niedrigen Wasserständen im Hochsommer besteht im Rhein oft eine relativ planktonarme Phase. Das bedeutet, akuter Nahrungsmangel bei auf Hochtouren laufendem Stoffwechsel. Dauern diese Umstände lange an, verhungern die Muscheln oder gehen an Erschöpfung ein, außerdem sind gestresste Tiere anfälliger für Krankheiten und Infektionen. Ein solches Massensterben der Muschelgattung *Corbicula* ist auch im besonders heißen und trockenen Sommer 2018 und auch in den Folgejahren bisher in keinem der großen Flüsse in Rheinland-Pfalz beobachtet worden. Anfang August 2018 zeigten sich im Oberrhein jedoch für eine andere Muschelart, *Dreissena rostriformis bugensis* (Dreikant-Quaggamuschel), dass Teile ihrer Population im Mittleren Oberrhein in der Phase besonders hoher Wassertemperaturen abgestorben sind.

### **Wärmetolerante Wirbellosen-Arten im Rhein**

Die übrige Wirbellosen-Rheinfrauna war Anfang August 2018 hingegen ohne jedes Anzeichen einer Schädigung vorgefunden worden. Es kamen alle zu dieser



Jahreszeit zu erwartenden Arten und Tiergruppen vor. Dazu zählen Muscheln, Schnecken, Krebstiere, Süßwasserschwämme, Moostierchen und auch Wasserinsekten großer Ströme. Zu letzteren gehört beispielsweise die „Augustfliege“ (*Ephoron virgo*), eine größere, weißlich-gelbe Eintagsfliege. Diese charakteristische Bewohnerin des Rheins schlüpft in der späten Dämmerung warmer Augustnächte - mitunter auch Ende Juli und bis Anfang September - und ist nur dann als Imago (erwachsenes, geschlüpftes Insekt) unter Straßenlaternen am Rheinufer in z. T. großen Schwärmen zu beobachten. Ihr Hochzeitsflug, die Fortpflanzung und die Eiablage hält nur für wenige Stunden an, noch in der Nacht sterben alle zuvor geschlüpften Augustfliegen – der Name „Eintagsfliege“ wird hier sehr anschaulich. Die Eier überdauern bis zum nächsten Frühjahr und anschließend entwickeln sich die Larven einer neuen Generation in gut durchströmten Zonen der kiesig-sandigen Gewässersohle. Die Augustfliegen-Larven wachsen über Monate in den feinkörnigen Sedimentbereichen der Rhein-Gewässersohle zu einer „ansehnlichen“ Größe von einigen Zentimetern Länge heran. *Ephoron virgo* profitiert enorm von den verbesserten Sauerstoffverhältnissen im Rhein seit den späten 1980er-Jahren und galt während Jahrzehnten der überaus kritischen Rheinverschmutzung (ca. 1920-1975) im Rhein zwischenzeitlich als ausgestorben. Eine Wiederbesiedlung gelang jedoch ab der 2. Hälfte der 1980er-Jahre aus Restbeständen von Nebengewässer-Unterläufen. Sie ist wieder im gesamten rheinland-pfälzischen Rhein und abschnittsweise auch in der Mosel beheimatet. An diesen Artenvorkommen ist auch zu erkennen, dass die Wirbellosenarten, die Rhein oder Mosel besiedeln, eine Artengemeinschaft darstellen, die gut an hohe, sommerliche Wassertemperaturen angepasst ist. Das Artenspektrum in Rhein und Mosel setzt sich aus völlig anderen Arten zusammen, als in kleineren Fließgewässern von Rheinland-Pfalz. Es dominieren robuste Arten, die zum Teil in den zurückliegenden Jahrzehnten aus anderen Regionen (z. B. Donaugebiet, auch aus Übersee) durch menschliche Aktivitäten wie u. a. dem Binnenschiffsverkehr eingeschleppt wurden. Mit Verlusten von Wirbellosen-Beständen in Rhein und Mosel ist also erst in ausgesprochenen Extremsommern zu rechnen und nicht bei jeder, mittlerweile häufiger auftretenden, kürzerfristigen Hitzewelle.

## **2. Sommerliche Hitzewelle – Welches Risiko besteht für Fische und Wirbellose bei dauerhaft hohen Wassertemperaturen von >22-25° C in kleineren Fließgewässern der Forellenregion?**

Über rund 70% der Fließgewässer mit einem Einzugsgebiet von > 10 km<sup>2</sup> in Rheinland-Pfalz sind kleinere Mittelgebirgs-Fließgewässer der Forellenregion. Hier ist die Bachforelle die wichtigste Leitfischart. Zudem leben in diesen Oberläufen noch Äschen, Groppen, Elritzen und Bachneunaugen, die auch alle kälteliebend sind. Von diesen Arten ist das Bachneunauge am temperaturempfindlichsten. Anhand von Laboruntersuchungen wurde ermittelt, dass für die adulten Tiere dieser Art Wassertemperaturen über 25 °C nicht überleben können, für die Äsche und Bachforelle sind es etwa 26 bzw. 27 °C. Unter realen Lebensbedingungen nehmen die Toleranzen gegenüber hohen Temperaturen allerdings ab, sobald andere Stressoren auf sie einwirken. Dazu gehören z. B. auch niedrige und stark schwankende Sauerstoffgehalte. Auch bewirken erhöhte Temperaturen noch unterhalb der tödlichen Grenzwerte Schädigungen an den Tieren, die sich in einer verringerten Fitness und Schwächung des Immunsystems äußern. In der Natur sind die Fische von zahlreichen Erregern und Parasiten umgeben, so dass Fische bei erhöhten Wassertemperaturen leichter erkranken und an den Folgen sterben. Sie werden auch leichter Opfer von Beutegreifern. Für die Bachforelle beispielsweise beginnt der subletale Temperaturbereich zwischen 19 und 20 °C. Aus diesen Gründen ist in der Oberflächengewässerordnung der Bundesrepublik Deutschland von 2016 geregelt, dass die Wassertemperatur in der Forellenregion 20 °C nicht überschreiten sollte. Nur so können Fischpopulationen in den kleineren Fließgewässern dauerhaft bestehen.

### **3. Sommerliche Hitzewelle – Wie wirkt sich diese auf die aquatische Pflanzenwelt - Algen und höhere Wasserpflanzen - in Fließgewässern aus?**

Hitzewellen treffen im Sommer auf die Hauptwachstumszeit für Pflanzen, die Vegetationsperiode. Hohe Wassertemperaturen und stark zurückgehende Abflüsse bewirken bei guter oder auch übermäßiger Zufuhr von Pflanzennährstoffen (Phosphorverbindungen in erster Linie) ein besonders gutes Wachstum der Algen und Wasserpflanzen. Dieses Wachstum kann unter diesen Bedingungen auch „Überhand“ nehmen, es kommt zu übermäßiger und unerwünschter Algenmassenentwicklung, z. B. bei den fädigen Grünalgen. Auch die großen, „echten“ Wasserpflanzen (Gefäßpflanzen: z.B. flutender Hahnenfuß, Laichkraut- und Wasserstern-Arten und viele andere mehr) neigen unter diesen Umständen zu nochmalig gesteigerter Biomasse-Produktion. Fehlende oder unzureichende Beschattung - es fehlt ein Gehölzsaum - kommt häufig verstärkend hinzu, so dass solche Gewässer regelrecht verkrauten können. Sinkt der Wasserstand jedoch weiter, kann das dazu führen, dass höhere Wasserpflanzen keine ausreichenden Lebensbedingungen mehr vorfinden und zumindest vorübergehend durch fädig wachsende Algen verdrängt werden.

Wasserpflanzen nehmen mit ihrem Wachstum deutlichen Einfluss auf den Sauerstoffhaushalt der Fließgewässer. Tagesüber wird unter Sonneneinstrahlung viel Biomasse unter Bildung von Sauerstoff produziert (Photosynthese). Die Sauerstoffsättigung im Fließgewässer liegt tagsüber dann z. T. weit über 100 %. Nachts setzen jedoch Atmungsprozesse der Pflanzen ein und es kommt umgekehrt zu hohen Sauerstoffzehrungen, die zu erheblichen Sauerstoffuntersättigungen führen können. Die übrigen Gewässerorganismen sind also hohen Tag-/Nachtschwankungen der Sauerstoffkonzentration ausgesetzt. Mitunter kann es bei zu starker Untersättigung (z. B. weniger als 20 % Sättigung, ca. 1-2 mg/l O<sub>2</sub>) zu Fischsterben oder allgemeinen Schädigungen von Fischen und Wirbellosen führen. Diese kritischen Sauerstoffschwankungen verstärken sich, je länger eine Dürrephase

mit hohen Wassertemperaturen, hoher Nährstoffzufuhr sowie außergewöhnlich niedrigen Wasserständen bzw. Abflussverhältnissen anhält.

Abhelfen können hier: 1. Reduktion der Pflanzennährstoffe aus diffusen Quellen (Landwirtschaft) und Punktquellen (Restbelastung aus Kläranlagen). 2. Konsequente Beschattung der Gewässerufer mit durchgehendem Gehölzsaum und Entwicklung von Gewässerrandstreifen ohne Nutzung. Ein schattenspendender Gehölzsaum kann abhängig von Wuchshöhe und Kronenschluss sommerliche Wasser-Spitzentemperaturen erheblich senken und beeinflusst wesentlich die Lebensraumbedingungen für die gesamte Fließgewässer-Lebensgemeinschaft in vielfältiger Weise, denn er bedeutet Habitatvielfalt und Nahrungsgrundlage und bietet Fortpflanzungs- und Zufluchtsstrukturen für alle Fließgewässer-Insekten, Fische sowie amphibische Arten und Vögel. Ein Gehölzsaum ist ein essentielles Biotopelement, welches an keinem Fließgewässer in Zeiten des Klimawandels fehlen sollte.

#### **4. Sommerliche Dürreperioden – Welches Risiko besteht für Fische und Wirbellose bei dauerhaft anhaltender Dürre mit Austrocknung in Fließgewässern?**

Kürzere Dürrezeiten oder niederschlagsfreie Trockenperioden sind i.d.R. von Gewässerorganismen gut zu verkraften. Bei langanhaltender Dürre geht jedoch das Abflußvolumen aller Fließgewässer überdurchschnittlich stark zurück. In großen Fließgewässern fallen dann weite Uferbereiche und -flächen trocken. Der Lebensraum für Fische und Wirbellose wird entsprechend stärker eingegrenzt und beschränkt. Es konzentrieren sich mehr Tiere auf verbleibender Gewässerbett-Fläche. Wenig mobile oder auf der Gewässersohle festsitzende Arten bzw. Stadien (Puppen von Wasserinsekten) können aufgrund des Verlustes ihrer Lebensräume eintrocknen und absterben. Außerdem kommen neben den oben beschriebenen Effekten durch höhere Wassertemperaturen jetzt auch Nahrungskonkurrenzeffekte und Aufkonzentrierung von Schadstoffen und Nährstoffen im Flußwasser hinzu.

Sauerstoffversorgung und Wasserqualität verschlechtern sich. In der Gesamtwirkung wird der Stress und das Infektionsrisiko für die aquatischen Lebewesen erhöht. Große Flüsse behalten jedoch immer einen Restabfluss und somit ist ein Überleben der meisten Arten selbst unter schwierigen Umständen gesichert, selbst wenn es zu Individuenverlusten kommt.

Anders und kritischer kann sich die Lage für kleine Fließgewässer entwickeln. Hier droht Austrocknung der Gewässer, insbesondere der Oberlaufbereiche, welche von Bachforelle, Groppe, Elritze und wenigen anderen Fischarten wie auch vom Bachneunauge besiedelt werden. In der beginnenden Austrocknungsphase können Teile der Fischpopulation noch rechtzeitig in tiefere Fließabschnitte ausweichen. Anderen gelingt dies nicht und sie verenden in austrocknenden Bachbetten. Im Dürresommer 2020 ist dies in Rheinland-Pfalz in verschiedenen Regionen wie u. a. dem Hunsrück konkret zu beobachten gewesen. Es kommt also zu Verlusten in der Fischpopulation der Bachoberläufe, die lokal und regional sehr unterschiedlich stark ausfallen können. Es dauert mitunter einige Jahre, bis sich Fischbestände danach wieder aufbauen und erholen.

Auch die Fischnährtiere, die aquatischen Wirbellosen, die den Gewässergrund besiedeln, sind von Dürre betroffen. Das Makrozoobenthos in kleineren Fließgewässern kann ein seltenes Austrocknen recht gut verkraften. Die meisten Fortpflanzungs- und Jugendstadien der Wirbellosen können in den scheinbar trockenen Bachbetten jedoch in der Restfeuchte des Kieslückenraumes in einigen Zentimetern oder Dezimetern Tiefe überdauern. Dies gelingt umso besser, je besser die Wasserqualität ist. Bei zu hoher Nährstoffbelastung und entsprechenden mikrobiologischen Zehrungsprozessen z. B. infolge übermäßigen Algenaufwuchses verschlechtern sich jedoch die Sauerstoffverhältnisse im Kieslückenraum drastisch. Sauerstoffmangel und andere mikrobiologische Abbauprodukte (z.B. Ammonium) begrenzen für einen Großteil der Larven die Überlebenschancen in belasteten Fließgewässern und sie überstehen längere Trockenphasen daher dort nicht.

Spätere Wiederbesiedlungen mit gewässertypischen Wirbellosen können aus nicht trockengefallenen, benachbarten Fließabschnitten oder Seitengewässern erfolgen.

Wenn ein Bachabschnitt jedoch regelmäßig während des Sommers und mitunter auch noch in den Herbstmonaten austrocknet, sind viele Arten der Wirbellosen dort auf Dauer nicht mehr lebensfähig und die Artenvielfalt in diesen Oberläufen nimmt ab. Es stellen sich dann langfristig z. T. auch neue Arten ein, die besonders gut an Austrocknung angepasst sind. Ein solcher Bachabschnitt ist also daher nicht völlig „tot“, obwohl er von außen auf den ersten Blick so wirken mag. Es ist auch dort noch individuenreiches Leben von z. T. sehr anspruchsvollen Wirbellosenarten (u. a. Eintags-, Köcher- und Steinfliegen) vorhanden, jedoch stellen sich insgesamt deutlich artenärmere Lebensgemeinschaften ein. Diese „extremen“ Gewässerbiotope einer alljährlich wiederkehrenden Sommertrockenheit sind besonders empfindlich gegenüber gewässerchemischen Belastungen oder Verschmutzungen jeglicher Art und stellen somit ausgeprägt schützenswerte Biotope dar.

## **5. Sommerliche Hitzewelle - Auswirkungen auf Stehgewässer**

Bei den Auswirkungen auf Stehgewässern ist zu unterscheiden zwischen flachen Gewässern bis maximal 10 m Tiefe und tieferen, im Sommer stabil geschichteten Gewässern. Bei den Flachgewässern und auch in den Flachwasserzonen der tieferen Seen kann es zu Lebensraumverlusten in den Uferbereichen kommen, wenn durch höhere Verdunstung und geringe Grundwasserstände bzw. verringerte Zuflüsse die Wasserflächen schrumpfen. Zwar sind viele Röhrichtpflanzen, v. a. das Schilf, bis zu einem gewissen Umfang an wechselnde Wasserstände angepasst bzw. werden von diesen sogar begünstigt. Bei zu starkem Rückgang der Uferlinie kann es jedoch auch hier zur Schädigung des Röhrichts kommen, was sich auch auf die Fauna (vom Makrozoobenthos bis zur Vogelwelt) auswirken kann. Flachgewässer sind wesentlich empfindlicher hinsichtlich hoher Temperaturen, weil diese sich bis zum Grund auf ein solches Maß erhöhen können, dass Fische und andere Organismen an ihre Toleranzgrenzen geraten. Die Folgen sind ähnlich wie in Fließgewässern, denn hohe Temperaturen treffen auf niedrige Sauerstoffgehalte. Zudem ist in vielen Flachseen ein Ausweichen in ein anderes Gewässer nicht möglich. Dann kann es zu Fischsterben kommen, die den gesamten Bestand betreffen. In tiefen Seen sind aufgrund der Temperaturschichtung immer genügend

kühle Bereiche in der Tiefe vorhanden, auch wenn die Oberflächentemperatur hoch ist. Bei starker Algenproduktion eines Sees während des Sommers treten die kritischen Zustände dann eher im Spätherbst auf, wenn sich die Schichtung unterschiedlich temperierter Wassertiefen auflöst und sich sauerstoffreiches, zehrstoffreiches Tiefenwasser mit dem Oberflächenwasser vermischt. Bei einem sogenannten „Umkippen“ eines Sees ist dann für eine Zeitspanne überhaupt kein Sauerstoff mehr vorhanden und ein Großteil aller Lebewesen erstickt. Die Gefahr eines „Umkippen“ wird sich angesichts des Klimawandels nach Meinung vieler Seenkundler verstärken, denn aufgrund einer länger andauernden, stabileren Schichtung während der Vegetationsperiode können die Sauerstoffgehalte im Tiefenwasser dann stärker zurückgehen bzw. sich größere sauerstofffreie Zonen dort ausbilden.

Diskutiert wird auch, ob die Häufigkeit von Blaualgen-Blüten mit den Klimaänderungen zunehmen wird. Darauf deutet das häufigere Auftreten dieser potenziell toxinbildenden Organismen an Badeseen und auch an stauregulierten, großen Flüssen wie z.B. der Mosel in den vergangenen Jahren hin.